

ORDINUL

Nr. _____ din _____

**pentru aprobarea reglementării tehnice
"Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor",**

În conformitate cu art. 38 alin. 2 din Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare,

având în vedere procesul-verbal de avizare nr. 16/20.12.2006 al Comitetului Tehnic de Coordonare Generală, avizul nr. 20463/12.12.2006 al Asociației de Standardizare din România, precum și avizele nr. 8837/08.12.2006 și nr. 9318/21.12.2006 ale Inspectoratului de Stat în Construcții,

în temeiul art. 4 alin. (1) din Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, precum și al art. 2 pct. 45 și art. 5 alin. (4) din Hotărârea Guvernului nr. 412/2004 privind organizarea și funcționarea Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului, cu modificările și completările ulterioare,

ministrul transporturilor, construcțiilor și turismului emite următorul

ORDIN

Art.1. — (1) Se aprobă reglementarea tehnică *"Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor"*, elaborată de Universitatea Tehnică de Construcții București, în parteneriat cu Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu” București – UAUIM, Universitatea Tehnică Cluj Napoca, Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași, Universitatea Politehnică Timișoara, Universitatea „Transilvania” Brașov și Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor-INCERC București, denumită în continuare metodologie.

(2) Metodologia este structurată pe trei părți, astfel:

a) Partea I – „Anvelopa clădirii”, indicativ Mc 001/1 – 2006, prevăzută în anexa nr. 1 la prezentul ordin;

b) Partea a II – a – „Performanța energetică a instalațiilor aferente clădirii”, indicativ Mc 001/2 – 2006, prevăzută în anexa nr. 2 la prezentul ordin;

c) Partea a III – a – „Auditul și certificatul de performanță a clădirii”, indicativ Mc 001/3 – 2006, prevăzută în anexa nr. 3 la prezentul ordin.

Art.2. — Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor-INCERC București, unitate aflată în coordonarea Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului, va monitoriza implementarea metodologiei și va propune, ori de câte ori este necesar, revizuirea acesteia, pentru a reflecta progresul tehnic în domeniul eficienței energetice a clădirilor.

Art.3. — Anexele nr. 1-3^{*)} fac parte integrantă din prezentul ordin.

^{*)} Anexele nr. 1-3 se publică în Monitorul Oficial al României Partea I bis și în Buletinul Construcțiilor editat de către Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor-INCERC București

**METODOLOGIE DE CALCUL AL
PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR**

PARTEA I – ANVELOPA CLĂDIRII

Indicativ Mc 001 / 1 – 2006

CUPRINS

- I.1. Obiect
- I.2. Domeniu de aplicare
- I.3. Bibliografie
- I.4. Terminologie și notații
- I.5. Definirea și ierarhizarea elementelor componente ale anvelopei clădirilor și a parametrilor de performanță termo-higro-energetică asociate acestora
- I.6. Parametri de climat exterior specifici pentru aplicarea metodologiei
- I.7. Elemente privind concepția constructiv-arhitecturală, generală și de detaliu, care influențează performanțele clădirii sub aspect termic, al ventilării naturale, al însoririi și al iluminatului natural
- I.8. Regimuri de utilizare a clădirilor și influența acestora asupra performanței energetice
- I.9. Stabilirea prin calcul a valorilor parametrilor de performanță termică, energetică și de permeabilitate la aer a anvelopei clădirilor
- I.10. Stabilirea prin calcul a parametrilor de performanță termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul
- I.11. Cerințe de performanță și niveluri de performanță termică, energetică și de permeabilitate la aer, pentru elementele anvelopei clădirilor și pentru ansamblul acestora
- I.12. Evaluarea influenței sistemelor solare pasive și a sistemelor de protecție solară asupra performanței energetice a clădirii.
- I.13. Condiții de climat interior și de iluminat natural pentru asigurarea confortului higrotermic și vizual
- I.14. Particularități de aplicare a metodologiei pentru clădirile existente care urmează a fi modernizate termic și energetic

ANEXE:

A5 (cap.5) – Caracteristicile termotehnice ale materialelor de construcție

A7 (cap.7) - Elemente privind concepția constructiv-arhitecturală care influențează performanțele clădirii sub aspect termic, al ventilării naturale, al însoririi și al iluminatului natural

A7.1 Elemente de conducere, trecere și de control al luminii

A7.2 Variația luminii naturale

A7.3 Raportul dintre aria ferestrelor și aria pardoselii încăperilor în funcție de destinația acestora/funcțiuni

A7.4 Valori informative ale coeficientului de reflexie pentru diverse materiale sau suprafețe

A7.5 Rezolvări volumetrice particulare

A7.6 Performanța termică a anvelopei

A7.7 Optimizarea luminării naturală a spațiilor interioare

A7.8 Tipuri de spații interioare

A7.9 Clasificarea clădirilor în raport cu poziția în mediul construit

A 9.3 (cap.9) Calculul numeric automat – metoda de calcul pentru determinarea rezistențelor termice corectate – validarea programelor de calcul

A 9.4 (cap.9) Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor

A 9.6 (cap.9) Tabele cu valori ale intensității radiației solare

A10 (cap.10) Parametri de performanță termică a elementelor de anvelopă în contact cu solul și temperaturi ale spațiilor subzonelor secundare ale clădirilor

A11 (cap. 11) Temperatura punctului de rouă pentru diferite temperaturi și umidități relative ale aerului interior.

A12 (cap.12) Metodă de calcul pentru evaluarea influenței sistemelor de protecție solară asupra performanței energetice a clădirii.

A13.1 (cap.13) Valoarea iluminării pentru cerințe specifice ale funcțiunilor spațiului interior.

A13.2 (cap.13) Înălțimea planului util pentru funcțiuni uzuale

A14 (cap.14) Metodă de calcul simplificată pentru determinarea rezistențelor termice corectate la clădirile existente – Tabele cu valori precalculate pentru coeficienții de corecție r.

I.1. Obiect

Prezenta reglementare tehnică reprezintă prima parte dintr-un ansamblu de trei reglementări tehnice care sunt în deplin acord între ele:

Partea I – Anvelopa clădirii;

Partea a II-a – Performanța energetică a instalațiilor aferente clădirii;

Partea a III-a – Auditul și certificatul de performanță energetică a clădirii.

Acestea au ca obiectiv stabilirea unei metode coerente de evaluare și certificare a performanței energetice atât pentru clădirile noi cât și pentru cele existente, având diverse funcțiuni, (PEC), transpunând în România prevederile Directivei 2002/91/CE a Parlamentului European și a Consiliului European prin Legea nr. 372/2005.

Prezenta reglementare tehnică - Partea I - stabilește metodologia de determinare a caracteristicilor higro-termo-energetice ale elementelor care alcătuiesc anvelopa clădirii – subsistem al produsului clădire (elemente de construcție exterioare, în contact direct cu aerul exterior și cu solul, sau elemente de construcție interioare care delimitează spațiul încălzit față de spații mai puțin încălzite), în vederea utilizării lor în Partea a II-a, care vizează caracterizarea celorlalte subsisteme ale produsului clădire care sunt instalațiile și echipamentele clădirii și în Partea a III-a care tratează metoda de întocmire a auditului energetic al clădirii și a certificatului de performanță energetică a clădirii.

Prezenta reglementare este elaborată în conformitate cu cap. III, art. 4 din Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, cu referire la art 4.-(1), 4.-(2) a), f), g) și 4.-(3) d) și se referă atât la clădirile noi, cât și la cele existente care urmează a fi modernizate din punct de vedere termic și energetic sau pentru care urmează să se elaboreze un certificat de performanță energetică.

În prezenta Partea I a reglementării, la stabilirea performanței energetice a unei clădiri, se au în vedere următoarele aspecte:

- alcătuirea elementelor de construcție ale anvelopei clădirii;
- vechimea clădirii (la clădiri noi, la clădiri existente etc.)
- volumetria clădirii (ex: raportul între aria anvelopei clădirii și volumul de aer încălzit, raportul dintre perimetrul construit și aria construită, gradul de vitrare etc.),
- amplasarea clădirii pe teritoriul țării și în cadrul unei localități: influența poziției și orientării clădirilor, inclusiv a parametrilor climatici exteriori,
- sistemele solare pasive și dispozitivele de protecție solară;
- condițiile de climat interior,
- condițiile de iluminat natural,
- destinația, funcțiunea și regimul de utilizare a clădirii.

Reglementarea tehnică stabilește, de asemenea, cerințele de performanță și valorile normate/valori de referință ale nivelurilor de performanță termică ale clădirii și elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirii, diferențiate pentru diversele categorii și tipuri de clădiri, zone climatice etc.

Reglementarea oferă de asemenea și un instrument pentru:

- verificarea realizării unui nivel de confort higro-termic și a unor condiții igienico-sanitare corespunzătoare pentru utilizatori, precum și a unor condițiile corespunzătoare desfășurării activității și proceselor tehnologic la clădirile industriale ;

- evaluarea gradului de izolare termică a clădirii în raport cu valorile de referință stabilite în scopul reducerii consumului de energie termică în exploatare și a protecției mediului prin reducerea emisiilor poluante în atmosferă.

I.2. Domeniu de aplicare

Prevederile prezentei reglementări se aplică la următoarele categorii de clădiri (noi și existente):

- clădiri de locuit individuale (case unifamiliale, cuplate sau înșiruite, tip duplex, ș.a.);
- clădiri de locuit cu mai multe apartamente (blocuri);
- birouri.
- creșe, grădinițe, cămine, internate;
- clădiri de învățământ;
- spitale, policlinici;
- hoteluri și restaurante;
- clădiri pentru sport;
- clădiri pentru servicii de comerț;
- alte tipuri de clădiri consumatoare de energie (de exemplu: clădiri industriale cu regim normal de exploatare).

Prevederile prezentei reglementări nu se aplică la următoarele categorii de clădiri:

- clădiri și monumente protejate care, fie fac parte din zone construite protejate conform legii, fie au valoare arhitecturală sau istorică deosebită, cărora dacă li se aplică cerințele, li s-ar modifica în mod inacceptabil caracterul ori aspectul exterior;
- clădiri utilizate ca lăcașuri de cult sau pentru alte activități cu caracter religios;
- clădiri provizorii prevăzute a fi utilizate pe perioade de până la 2 ani, din zone industriale, ateliere și clădiri nerezidențiale din domeniul agricol care necesită un consum redus de energie;
- clădiri nerezidențiale care sunt destinate a fi utilizate mai puțin de 4 luni pe an;
- clădiri independente, cu o suprafață utilă mai mică de 50 m²;
- clădiri cu regim special de exploatare.

Prevederile prezentei reglementări nu se aplică clădirilor și încăperilor la care se impun cerințe speciale ale regimului de temperaturi și de umiditate, cum sunt: spațiile frigorifice, cele cu mediu agresiv, ș. a.

Prevederile prezentei reglementări se utilizează la determinarea parametrilor de calcul stabiliți în partea a II-a și în partea a III-a.

Între modelele de calcul folosite în cele 3 părți, trebuie să existe o riguroasă corespondență.

Metodologia prevăzută în prezenta reglementare tehnică se va utiliza la stabilirea/verificarea performanței energetice a clădirilor (PEC) noi și existente în vederea elaborării certificatului de performanță energetică a clădirii precum și la analiza termică și energetică, respectiv întocmirea auditului energetic al clădirilor care urmează a fi modernizate din punct de vedere termic și energetic.

1.3. Bibliografie

- [1] Metodologie de calcul a performanței energetice a clădirilor. Partea a II-a. Instalațiile de încălzire și apă caldă de consum, inclusiv izolarea acestora, instalația de climatizare, ventilația și ventilația naturală, instalația de iluminat integrată a clădirii, condițiile de climat interior, sisteme solare active și alte sisteme de încălzire, inclusiv electrice, bazate pe surse de energie regenerabilă, electricitate produsă prin cogenerare, centrale de încălzire și de răcire de cartier sau de bloc;
- [2] Auditul și certificatul de performanță energetică ale clădirii;
- [3] NP 008-97 – Normativ privind igiena compoziției aerului în spații cu diverse destinații, în funcție de activitățile desfășurate, în regim de iarnă-vară.
- [4] SR EN 410:2003 - Sticlă pentru construcții. Determinarea caracteristicilor luminoase și solare ale vitrajelor;
- [5] SR EN 673:2000 - Sticlă pentru construcții. Determinarea transmitanței termice U. Metodă de calcul;
- [6] SR EN 673:2000/A1:2002 - Sticlă pentru construcții. Determinarea transmitanței termice U. Metodă de calcul;
- [7] SR EN 673:2000/A1:2002/A2:2004 - Sticlă pentru construcții. Determinarea transmitanței termice U. Metodă de calcul;
- [8] SR EN ISO 832 :2002 - Performanța termică a clădirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzire. Clădiri de locuit;
- [9] SR EN ISO 832 :2002/AC :2002 - Performanța termică a clădirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzire. Clădiri de locuit;
- [10] SR EN ISO 832 :2002/AC :2002/AC :2003 - Performanța termică a clădirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzire. Clădiri de locuit;
- [11] SR ISO 6240 :1998 – Standarde de performanță în clădiri. Conținut și prezentare;
- [12] SR ISO 6241:1998 – Standarde de performanță în clădiri. Principii de elaborare și factori de luat în considerare;
- [13] SR EN ISO 6946:1998 – Părți și elemente de construcție. Rezistență termică și transmitanță termică. Metodă de calcul;
- [14] SR EN ISO 6946:1998/A1:2004 – Părți și elemente de construcție. Rezistență termică și transmitanță termică. Metodă de calcul;
- [15] SR EN ISO 7345:2002 – Izolație termică. Mărimi fizice și definiții;
- [16] SR ISO 7730:1007 – Ambianțe termice moderate. Determinarea indicilor PMV și PPD și specificarea condițiilor de confort termic;
- [17] SR EN ISO 9251:2002 – Izolație termică. Condiții de transfer de căldură și proprietăți ale materialelor. Vocabular;
- [18] SR EN ISO 9288:2002 – Izolație termică. Transfer de căldură prin radiație. Mărimi fizice și definiții;
- [19] SR EN ISO 9346:1998 – Izolație termică. Transfer de masă. Mărimi fizice și definiții ;
- [20] SR EN ISO 10077-1 :2002 – Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice. Partea 1 : Metodă simplificată;
- [21] SR EN ISO 10077-2:2004 – Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice – Partea 2 : Metodă generală;
- [22] SR EN ISO 10211-1:1998 – Punți termice în construcții. Fluxuri termice și temperaturi superficiale. Partea 1 : Metode generale de calcul;
- [23] SR EN ISO 10211-1:1998/AC :2003 – Punți termice în construcții. Fluxuri termice și temperaturi superficiale. Partea 1 : Metode generale de calcul;
- [24] SR EN ISO 10211-2 :2002 – Punți termice în construcții. Calculul fluxurilor termice și temperaturilor superficiale. Partea 2 : Punți termice liniare;
- [25] SR EN ISO 10456 – Materiale și produse pentru construcții. Proceduri pentru determinarea valorilor termice declarate și de proiectare ;

- [26] SR EN ISO 12524 – Materiale și produse pentru construcții. Proprietăți higrotermice. Valori de proiectare tabelate;
- [27] SR EN 13363-1:2003 - Dispozitive de protecție solară aplicată vitrajelor. Calculul factorului de transmisie solară și luminoasă. Partea 1: Metodă simplificată;
- [28] SR EN 13363-2:2006 - Dispozitive de protecție solară aplicate vitrajelor. Calculul factorului de transmisie solară și luminoasă, Partea 2: Metodă detaliată de calcul;
- [29] SR EN ISO 13370 :2003 – Performanța termică a clădirilor. Transferul termic prin sol. Metode de calcul;
- [30] SR EN 13788:2002 – Performanța higrotermică a componentelor și elementelor de construcție. Temperatură superficială interioară pentru evitarea umidității superficiale critice și condensului interior. Metodă de calcul;
- [31] SR EN 13789: – Performanța termică a clădirilor. Coeficient de pierderi de căldură prin transfer. Metodă de calcul;
- [32] SR EN ISO 13790:2004 – Performanța termică a clădirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzirea spațiilor;
- [33] SR EN ISO 13791:2006 – Performanța termică a clădirilor. Calculul temperaturii interioare a unei încăperi în timpul verii, fără climatizare. Criterii generale și proceduri de validare;
- [34] SR EN ISO 13792:2006 – Performanța termică a clădirilor. Calculul temperaturii interioare a unei încăperi în timpul verii, fără climatizare. Metode de calcul simplificate;
- [35] SR EN ISO 14683 :2004 – Punți termice în clădiri. Transmitanță termică liniară. Metode simplificate și valori aproximative.
- [36] SR EN ISO 15927-1 :2004 – Performanța higrotermică a clădirilor. Calculul și prezentarea datelor climatice. Partea 1: Mediile lunare și anuale ale elementelor meteorologice simple;
- [37] SR EN ISO 15927-4 :2004 – Performanța higrotermică a clădirilor. Calculul și prezentarea datelor climatice. Partea 4: Date orare pentru evaluarea necesarului energetic anual pentru încălzire și răcire;
- [38] SR EN ISO 15927-5 :2006 – Performanța higrotermică a clădirilor. Calculul și prezentarea datelor climatice. Partea 5: Date pentru sarcina termică de proiectare pentru încălzirea spațiilor;
- [39] SR EN 27726:1996 – Ambianțe termice. Aparare și metode de măsurare a mărimilor fizice;
- [40] SR 1907-1/1997 – Instalații de încălzire. Neceasarul de căldură de calcul. Prescripții de calcul;
- [41] SR 1907-2/1997 – Instalații de încălzire. Neceasarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare de calcul;
- [42] SR 1907-3/1997 – Instalații de încălzire. Neceasarul de căldură de calcul. Determinarea necesarului de căldură de calcul al serelor simplu vitrate;
- [43] SR 4839/1997 – Instalații de încălzire. Numărul anual de grade-zile;
- [44] STAS 6648/2-82 Instalații de ventilare și climatizare. Parametri climatici exteriori.
- [45] STAS 6221-1989 – Clădiri civile, industriale și agrozootehnice. Iluminatul natural al încăperilor – Prescripții de calcul
- [46] STAS 4908-1985 – Clădiri civile, industriale și agrozootehnice. Arii și volume convenționale.

La elaborarea metodologiei s-a avut în vedere respectarea prevederilor din următoarele acte legislative:

- Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții
- Legea privind performanța energetică a clădirilor nr. 372/2005

I.4. Terminologie și notații

Reglementarea tehnică utilizează terminologie, simboluri și concepte armonizate cu cele utilizate în standardele europene de referință.

I.4.1 Terminologie

Termenii utilizați în prezenta reglementare tehnică sunt:

Clădire: ansamblu de spații cu funcțiuni precizate, delimitat de elementele de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirii, inclusiv instalațiile aferente, în care energia este utilizată pentru asigurarea confortului higrotermic interior. Termenul clădire definește atât clădirea în ansamblu, cât și părți ale acesteia, care au fost proiectate sau modificate pentru a fi utilizate separat.

Anvelopa clădirii: Totalitatea suprafețelor elementelor de construcție perimetrice, care delimitează volumul interior (încălzit) al unei clădiri, de mediul exterior sau de spații neîncălzite din exteriorul clădirii.

Performanța energetică a clădirii (PEC) - energia efectiv consumată sau estimată pentru a răspunde necesităților legate de utilizarea normală a clădirii, necesități care includ în principal: încălzirea, prepararea apei calde de consum, răcirea, ventilarea și iluminatul. Performanța energetică a clădirii se determină conform unei metodologii de calcul și se exprimă prin unul sau mai mulți indicatori numerici care se calculează luându-se în considerare izolația termică, caracteristicile tehnice ale clădirii și instalațiilor, proiectarea și amplasarea clădirii în raport cu factorii climatici exteriori, expunerea la soare și influența clădirilor învecinate, sursele proprii de producere a energiei și alți factori, inclusiv climatul interior al clădirii, care influențează necesarul de energie.

Flux termic (Φ) : Cantitatea de căldură transmisă la sau de la un sistem, raportată la timp.

Densitatea fluxului termic (q) : Fluxul termic raportat la suprafața prin care se face transferul căldurii.

Conductivitate termică de calcul (λ) : Valoare a conductivității termice a unui material sau produs de construcție, în condiții interioare și exterioare specifice, care poate fi considerată ca fiind caracteristică pentru performanța acelui material sau produs când este încorporat într-o parte de construcție.

Strat termic omogen: Strat de material izotrop, de grosime constantă, având caracteristici termice care sunt uniforme sau care pot fi considerate ca fiind uniforme.

Punte termică: Porțiune din anvelopa unei clădiri, în care valoarea fluxului termic este sensibil modificată ca urmare a faptului că izotermele nu sunt paralele cu suprafețele elementelor de construcție. Parte a elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirii în care fluxul termic este mai intens decât în rest, fiind modificat printr-o :

- penetrare totală sau parțială a anvelopei clădirii de către materiale cu o conductivitate termică diferită și/sau
- schimbare în grosimea structurii și/sau
- diferență între suprafețele interioare și exterioare, cum există la intersecțiile între perete/pardoseala/tavan.

Punte termică liniară: punte termică având o secțiune uniformă în lungul uneia din cele trei axe ortogonale.

Coeficient de cuplaj termic (L): Fluxul termic în regim staționar, raportat la diferența de temperatură între două medii care sunt legate între ele din punct de vedere termic, printr-un element de construcție.

Rezistență termică (R): Valoare a rezistenței termice a unui produs de construcție, în condiții exterioare și interioare specifice, care pot fi considerate ca fiind caracteristice pentru performanța acelui produs când este încorporat într-o parte de construcție. Diferența de temperatură raportată la densitatea fluxului termic, în regim staționar.

Coeficient de transfer termic (U): Transmitanță termică : Fluxul termic în regim staționar, raportat la suprafața și la diferența de temperatură dintre temperaturile mediilor situate de o parte și de alta a unui sistem. Inversul rezistenței termice.

Transmitanță termică liniară (ψ): Termen de corecție care introduce influența liniară a unei punți termice, în calcule 1-D ale coeficientului de cuplaj termic L .

Transmitanță termică punctuală (χ): Termen de corecție care introduce influența punctuală a unei punți termice, în calcule 1-D ale coeficientului de cuplaj termic L .

Calcul unidirecțional (1D) : Model de calcul termotehnic simplificat, în care se consideră că liniile de flux sunt perpendiculare pe elementul de construcție.

Calcul bidimensional (2D): Model de calcul termotehnic, în care se ține seama de influența punților termice liniare și care se bazează pe un calcul plan, bidimensional, al câmpului de temperaturi.

Calcul tridimensional (3D): Model de calcul termotehnic, în care se ține seama de influența tuturor punților termice - liniare și punctuale - și care se bazează pe un calcul spațial, tridimensional, al câmpului de temperaturi.

Lucrări de renovare: lucrări de modernizare efectuate asupra anvelopei clădirii și/sau a instalațiilor de încălzire, apă caldă de consum, electrice și iluminat, gaze naturale, ventilație și climatizare, ale căror costuri depășesc 25% din valoarea de impozitare a clădirii, sau lucrări de modernizare efectuate la mai mult de 25% din anvelopei clădirii;

Regim (termic) staționar: Ipoteză convențională de calcul termotehnic, în cadrul căreia se consideră că temperaturile nu variază în timp.

Strat omogen : Strat de grosime constantă, având caracteristici termotehnice uniforme sau care pot fi considerate uniforme.

Strat cvasiomogen: Strat alcătuit din două sau mai multe materiale, având conductivități termice diferite, dar care poate fi considerat ca un strat omogen, cu o conductivitate termică echivalentă.

Suprafață adiabatică: Suprafață prin care nu se produce nici un transfer termic.

Izoterme: Curbe care unesc punctele având aceleași temperaturi, determinate pe baza unui calcul al câmpului plan, bidimensional de temperaturi.

Coeficient de emisie (ϵ): Fluxul radiant al unui corp în raport cu fluxul radiant al corpului negru în aceleași condiții de temperatură.

Temperatura suprafeței interioare: temperatura suprafeței interioare a unui element al anvelopei

Temperatură medie radiantă: temperatură superficială uniformă a închiderii unei incinte cu care un ocupant ar schimba aceeași cantitate de căldură prin radiație ca și în cazul unei incinte reale, caracterizată de temperaturi uniforme diferite ale închiderii.

Temperatură operativă: temperatură uniformă a închiderii unei incinte cu care un ocupant ar schimba aceeași cantitate de căldură prin radiație și convecție ca și în cazul unei incinte reale neuniforme

Componenta cerului : raportul dintre cea parte a iluminării într-un punct al unui plan dat care este receptată direct de la cer (sau printr-o sticlă limpede), a cărei repartitie a luminanțelor este presupusă sau cunoscută, și iluminarea pe un plan orizontal, provenind fără obstrucții, de la semisfera cerului

Componenta reflectată externă: raportul dintre cea parte a iluminării într-un punct al unui plan dat din interior determinată de primirea directă a luminii de la suprafețele exterioare iluminate direct sau indirect de către cer, a cărei repartitie a luminanțelor este presupusă sau cunoscută, și iluminarea pe un plan orizontal, provenind fără obstrucții, de la semisfera cerului

Componenta reflectată internă: raportul dintre cea parte a iluminării într-un punct al unui plan dat din interior determinată de fluxul reflectat de către suprafețele interioare iluminate direct sau indirect de către cer, a cărei repartitie a luminanțelor este presupusă sau cunoscută, și iluminarea pe un plan orizontal, provenind fără obstrucții, de la semisfera cerului

Factorul de lumină naturală: raportul între iluminarea într-un punct al unui plan dat, datorită luminii incidente directe sau indirecte a cerului, pentru care repartitia luminanțelor este presupusă sau cunoscută, și iluminarea pe un plan orizontal când lumina provine de la semisfera cerului fără obturări. La această mărime este exclusă contribuția solară directă la cele două valori ale iluminărilor considerate. Influențele geamurilor, petelor etc. sunt incluse. În calculele iluminatului interior, contribuția luminii solare directe trebuie să fie luată în considerare separat

I.4.2 Notății

Simbolurile și unitățile de măsură ale principalilor termeni utilizați sunt prezentate în tabelul 4.1. iar indicii sunt dați în tabelul 4.2.1

Se folosește sistemul internațional de unități de măsuri (SI), în care :

$$\begin{aligned} 1\text{W} &= 0,860 \text{ kcal/h} = 1\text{J/s} \\ 1 \text{ m}^2 \text{ K/W} &= 1,163 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal} \\ 1\text{W}/(\text{m}^3\text{K}) &= 0,860 \text{ kcal}/(\text{m}^3 \text{ h } ^\circ\text{C}) \\ 1\text{Wh} &= 3600 \text{ J} = 0,860 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Tabelul 4.2.1 – Mărimi, simboluri și unități de măsură

Simbol	Mărime	Unitate de măsură
a	difuzivitate termică; aporturi specifice de căldură (de la surse interioare)	$\text{m}^2/\text{s}; \text{W}/\text{m}^2$
A	arie	m^2
b	lățime (a unui element de construcție)	m
c	căldură specifică masică	$\text{J}/(\text{kg K})$
C	capacitate termică	J/K
d	grosime	m
D	diametru	m
e	eficacitate luminoasă	lm/W
E	energie; iluminare	$\text{J}; \text{lx}$
$f_{\text{Rsi}}^{3\text{D}}$	factor de temperatură la intersecția punților termice liniare	-
$f_{\text{Rsi}}^{2\text{D}}$	factor de temperatură al unei punți termice liniare	-
$f_{\text{Rsi}}^{1\text{D}}$	factor de temperatură al unei plăci plane cu rezistență termică uniformă	-
g	acelerație gravitațională	m/s^2
g_s	factor de transmisie a energiei solare totale (factor solar)	-
g_θ	factor de ponderare a temperaturii	-
I	intensitate a radiației solare	W/m^2
$I_{c,\gamma}$	intensitate luminoasă	cd
h	coeficient de transfer termic superficial; înălțime; entalpie	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K}); \text{m}; \text{J/kg}$
H	coeficient de pierderi termice prin transmisie (al unei clădiri/zone) coeficient de transfer termic	W/K
H_T	coeficient de pierderi termice prin transmisie	W/K
H_v	coeficient de pierderi termice datorate împrăștiării aerului / prin ventilare	W/K
l	lungime	m
L	coeficient de cuplaj termic	$\text{W/K};$

Simbol	Mărime	Unitate de măsură
L^{2D}	coeficient de cuplaj termic liniar	W/(m.K)
m	masă	kg
$\dot{M}$	debit masic	kg/s
n_a	număr de schimburi de aer pe oră	h ⁻¹
P	Perimetru; putere	m, W
p	presiune	Pa
Δp	diferență de presiune	Pa
ΔT	diferență de temperatură	K
p_s	presiune de saturație a vaporilor de apă	Pa
p_v	presiune parțială a vaporilor de apă	Pa
q	densitate de flux termic (flux termic unitar)	W/m ²
Q	căldură	J
ζ_{Rsi}	raport al diferențelor de temperatură	-
R_j	rezistență la transmisie termică a unui strat omogen j (din alcătuirea unui element de construcție)	m ² K/W
R_s (R_{si} , R_{se})	rezistență la transfer termic superficial (interior /exterior)	m ² K/W
R_a	rezistență termică a unui strat de aer (neventilat)	m ² K/W
R	rezistență termică totală (de la mediu la mediu, în zona de câmp a unui element de construcție)	m ² K/W
R'	rezistență termică corectată (a unui element/subansamblu de construcție)	m ² K/W
U	transmitanță termică unidirecțională / coeficient unidirecțional de transmisie termică prin suprafață (de la mediu la mediu, în zona de câmp a unui element de construcție)	W/(m ² K)
U'	transmitanță termică corectată / coeficient corectat de transmisie termică prin suprafață (a unui element/subansamblu de construcție)	W/(m ² K)
v	viteză	m/s
V	volum	m ³
$\dot{V}$	debit volumic	m ³ /s
t	timp	s
T	temperatură absolută (termodinamică)	K
T_c	temperatura cerului (temperatura bolții cerești)	K
ΔT	diferență de temperatură	K
x	umiditate absolută	g/kg

Simbol	Mărimă	Unitate de măsură
$\cos \varphi$	factor de putere	-
φ	umiditate relativă	%
Φ	flux termic	W
η	randament	-
α	coeficient de absorbție a radiației solare (al unei suprafețe)	-
ε	emisivitate a unei suprafețe (pentru radiația termică)	-
θ	temperatură, în grade Celsius	$^{\circ}\text{C}$
θ_r	temperatură a punctului de rouă	$^{\circ}\text{C}$
ρ	densitate (masă volumică)	kg/m^3
ψ	transmitanță termică liniară / coeficient de transmisie termică liniară (a unei punți termice liniare)	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
χ	transmitanță termică punctuală / coeficient de transmisie termică punctuală (a unei punți termice punctuale)	W/K
λ	conductivitate termică	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
Λ	conductanță termică	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
σ	constanta Stefan-Bolzman ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$)	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$
τ	constantă de timp, factor de corecție a temperaturii exterioare	s, -
μ	factor al rezistenței la permeabilitate la vapori; coeficient dinamic de viscozitate	-; $\text{kg}/(\text{ms})$
ρ_f	coeficient de reflecție a radiației solare directe, al unei fereastre	-
τ_f	coeficient de transmisie a radiației solare directe, al unei fereastre	-
α_f	coeficient de absorbție a radiației solare totale, al unei fereastre	-
τ_p	coeficient de transmisie a radiației solare totale, al unui perete	-

NOTĂ:

În cadrul relațiilor de calcul utilizate în prezenta reglementare tehnică s-au păstrat notațiile utilizate în standardele europene.

Tabelul 4.2.2 – Indici

i	interior
e	exterior
cd	conducție
cv	convecție
r	radiație
s	suprafață; solar
θ	temperatură
t	timp
T	temperatură
f	ramă (toc+cercevea)
g	vitraj
w	fereastră, tâmplărie
p	perete; presiune; primit, panou opac
V	volum
v	viteza
ac	apa caldă menajeră
a	activ
zi	zilnic
sp	specific
max	maxim
min	minim

Exponenți

1D se referă la un model geometric uni-dimensional

2D se referă la un model geometric bi-dimensional

3D se referă la un model geometric tri-dimensional

NOTĂ:

Se folosește sistemul internațional de măsură (SI), cu următoarele precizări:

- pentru temperaturi, se utilizează grade Celsius ($^{\circ}\text{C}$), iar pentru diferențe de temperaturi - Kelvini (K);
- pentru timp, se utilizează pe lângă secundă (s) și ora (h); pentru putere, se utilizează atât W, cât și J/s.

I.5. Definirea și ierarhizarea elementelor componente ale anvelopei clădirilor și a parametrilor de performanță termo-higro-energetică asociați acestora

I.5.1 Elemente componente ale anvelopei clădirii

- clasificare în raport cu poziția în cadrul sistemului clădire:
 - elemente exterioare în contact direct cu aerul exterior (ex: pereților exteriori, inclusiv suprafața adiacentă rosturilor deschise);
 - elemente interioare care delimitează spațiile încălzite de spații adiacente neîncălzite sau mai puțin încălzite (ex: pereții și planșeele care separă volumul clădirii de spații adiacente neîncălzite sau mult mai puțin încălzite, precum și de spațiul rosturilor închise);
 - elemente în contact cu solul;
- clasificare în funcție de tipul elementelor de construcție:
 - opace (ex: partea opacă a pereților exteriori, inclusiv suprafața adiacentă rosturilor);
 - elemente vitrate – elemente al căror factor de transmisie luminoasă este egal sau mai mare de 0,05 (de exemplu: componentele transparente și translucide ale pereților exteriori și acoperișurilor - tâmplăria exterioară, pereții vitrați și luminatoarele);
- clasificare în funcție de poziția elementelor de construcție în cadrul anvelopei clădirii:
 - verticale – elemente de construcție care fac un unghi cu planul orizontal mai mare de 60 grade (ex: pereților exteriori);
 - orizontale – elemente de construcție care fac un unghi cu planul orizontal mai mic de 60 grade (de exemplu planșeele de peste ultimul nivel, de sub poduri, planșeele de peste pivnițe și subsoluri neîncălzite, planșeele care delimitează clădirea la partea inferioară, față de mediul exterior - bowindouri, ganguri de trecere ș.a).

I.5.2 Convenții de stabilire a caracteristicilor dimensionale ale elementelor de anvelopă necesare pentru calculul valorilor parametrilor de performanță termică a acestora.

I.5.2.1 Anvelopa unei clădiri este alcătuită dintr-o serie de suprafețe prin care are loc transfer termic.

I.5.2.2 Aria anvelopei clădirii - A - reprezentând suma tuturor ariilor elementelor de construcție perimetrale ale clădirii, prin care are loc transfer termic, se calculează cu relația:

$$A = \sum A_j \quad [m^2] \quad (5.2.1)$$

în care :

A_j ariile elementelor de construcție care intră în alcătuirea anvelopei clădirii;

Aria anvelopei se determină având în vedere exclusiv suprafețele interioare ale elementelor de construcție perimetrale, ignorând existența elementelor de construcție interioare (pereții interiori structurali și nestructurali, precum și planșeele intermediare).

I.5.2.3 Volumul clădirii – V – reprezintă volumul delimitat de suprafețele perimetrale care alcătuiesc anvelopa clădirii, reprezintă volumul încălzit al clădirii, cuprinzând atât încăperile încălzite direct (cu

elemente de încălzire), cât și încăperile încălzite indirect (fără elemente de încălzire), dar la care căldura pătrunde prin pereții adiacenți, lipsiți de o termoizolație semnificativă. În acest sens se consideră ca făcând parte din volumul clădirii: camere, debarale, vestibuluri, holuri de intrare, casa scării, puțul liftului și alte spații comune.

Mansardele, precum și încăperile de la subsol, încălzite la temperaturi apropiate de temperatura predominantă a clădirii, se includ în volumul clădirii.

Nu se includ în volumul clădirii:

- încăperile cu temperaturi mult mai mici decât temperatura predominantă a clădirii, de exemplu la clădirile de locuit - camerele de pubele;
- verandele, precum și balcoanele și logiile, chiar în situația în care ele sunt închise cu tâmplărie exterioară.

La clădirile cu terasă, în cazul în care casa scării se ridică peste cota generală a planșeului terasei, pereții exteriori ai acesteia se consideră ca elemente ale anvelopei clădirii.

La clădirile cu acoperiș înclinat, în situațiile în care casa scării continuă peste cota generală a planșeului podului, ca elemente delimitatoare, spre exterior, se consideră pereții dintre casa scării și pod și planșeul sau acoperișul de peste casa scării.

La casa scării de la parter, precum și la holurile de intrare în clădire care au planșeul inferior denivelat, determinarea volumului și a suprafeței anvelopei precum și a suprafețelor tuturor elementelor de construcție care separă aceste spații, de subsol și de aerul exterior (pereți, planșee, rampe, podeste), se face cu luarea în considerație a acestei denivelări.

x

Ca principiu general, suprafețele elementelor de construcție perimetrale care alcătuiesc împreună anvelopa clădirii, se delimitează de mediile exterioare prin fețele interioare ale elementelor de construcție.

Lungimile, înălțimile și ariile, pe ansamblul clădirii, se determină și se verifică cu relațiile:

$$P=\sum l_j; \quad H=\sum H_j; \quad A=\sum A_j$$

Volumul clădirii - V - este delimitat de aria anvelopei și este egal cu suma volumelor tuturor încăperilor din clădire:

$$V=\sum V_j \quad [m^3] \quad (5.2.2)$$

I.5.2.4 Lungimile punților termice liniare (l) se măsoară în funcție de lungimile lor reale, existente în cadrul ariilor A determinate mai sus; în consecință ele sunt delimitate la extremități de conturul suprafețelor respective.

Punțile termice liniare care trebuie în mod obligatoriu să fie luate în considerare la determinarea parametrilor " l " și " ψ " sunt, în principal, următoarele:

- intersecția dintre pereții exteriori și planșeul de terasă (în zona aticului sau a cornișei);
- intersecția dintre pereții exteriori și planșeul de pod (în zona streșinii);
- intersecția dintre pereții exteriori și planșeul peste subsolul neîncălzit (în zona soclului);
- intersecția dintre pereții exteriori și placa pe sol (în zona soclului);
- colțurile verticale (ieșinde și intrânde) formate la intersecția dintre doi pereți exteriori ortogonali;

- punțile termice verticale de la intersecția pereților exteriori cu pereții interiori structurali (de ex. stâlpișori din beton armat monolit protejați sau neprotejați, pereții din beton armat adiacenți logiilor, ș.a.);
- intersecția pereților exteriori cu planșeele intermediare (în zona centurilor și a consolelor din beton armat monolit, ș.a.);
- plăcile continue din beton armat care traversează pereții exteriori la balcoane și logii;
- conturul tâmplăriei exterioare (la buiandrugii, solbancuri și glafuri verticale).

I.5.3 Parametri definitorii pentru caracterizarea higro-termică a materialelor

I.5.3.1 Caracteristicile higrotermice ale materialelor de construcție utilizate la evaluarea performanțelor energetice ale clădirilor sunt:

- conductivitatea termică, λ , în $W/(m \cdot K)$;
- căldura specifică masică, c , în $J/(kg \cdot K)$;
- factorul de permeabilitate la vapori de apă/rezistență la vapori de apă, μ .

I.5.3.2 Conductivitate termică de calcul este valoarea conductivității termice a unui material sau produs de construcție, în condiții specifice, care poate fi considerată ca fiind caracteristică pentru performanța aceluși material, atunci când este încorporat într-un element de construcție.

Conductivitatea termică de calcul se stabilește pe baza conductivității termice declarate, avându-se în vedere condițiile reale de exploatare referitoare la temperatura și umiditatea materialului (document recomandat SR EN ISO 10456).

Pentru condițiile climatice din țara noastră conductivitatea termică de calcul este definită pentru o temperatură medie de $0^{\circ}C$ și o umiditate de exploatare stabilită conform următoarelor convenții:

- pentru materialele nehigroscopice (care nu conțin sau nu păstrează apa de fabricație), conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică a materialului aflat în stare uscată;
- pentru materialele higroscopice, conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică corespunzătoare umidității de echilibru a materialului aflat într-un mediu ambiant cu temperatura de $23^{\circ}C$ și umiditatea relativă de 50%.
- pentru materialele termoizolante care conțin în pori alte gaze decât aerul, conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică a materialului aflat în stare uscată, după un interval de timp de îmbătrânire, specific pentru fiecare tip de material.

I.5.3.3 Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori, μ , al unui material este o mărime adimensională care arată de câte ori stratul de material este mai puțin permeabil decât un strat de aer de aceeași grosime. Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori este utilizat la verificarea elementelor de construcție componente ale anvelopei clădirii la riscul de condens interstițial.

I.5.3.4 La evaluarea performanțelor termice ale clădirilor, caracteristicile higrotermice de calcul ale materialelor de construcție se vor considera astfel:

- pentru materialele tradiționale aflate în regim normal de exploatare și la care, în urma analizei termice, nu s-au constatat degradări: conform datelor din Anexa A5.
- pentru materialele la care, în urma analizei termice, s-a constatat creșterea umidității peste umiditatea de echilibru, conductivitatea termică de calcul se va stabili astfel:
 - prin conversia conductivității de calcul corespunzătoare regimului normal de exploatare (definit la pct. 5.3.2) la condițiile reale constatate (document recomandat SR EN ISO 10456), atunci când se dispune de date privind umiditatea reală a materialului;

- o prin utilizarea coeficienților de majorare a conductivității termice prezentați în tabelul 5.3.2, atunci când nu se dispune de date privind umiditatea reală a materialului;
- pentru materialele termoizolante noi, altele decât cele date în anexa A5, conform datelor din tabelul 5.3.1;
- pentru alte materiale, care nu sunt cuprinse în anexa A5 sau în tabelul 5.3.1, conductivitatea termică de calcul se va stabili pe baza conductivității termice declarate de producător (document recomandat SR EN ISO 10456), luându-se în considerare condițiile reale de exploatare. Totodată, pentru a ține seamă de influența asupra valorilor declarate a incertitudinii de măsurare, a reprezentativității eșantioanelor pe care se fac măsurările, a modificării în timp a grosimii și a compoziției materialelor, pentru materialele termoizolante se recomandă majorarea cu 20% a conductivităților termice declarate.

Tabelul 5.3.1 - Carcateristici higrotermice ale unor materiale termoizolante

Nr. crt.	Tip de material	Densitate aparentă	Conductivitate termică de calcul	Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori
		ρ kg/m ³	λ W/(mK)	μ_D -
0	1	2	3	4
1	Produse din vată minerală (din rocă)			
1.1	Clasa A1	$18 \leq \rho < 25$	0,046	1
1.2	Clasa A2	$25 \leq \rho < 35$	0,040	1
1.3	Clasa A 3	$35 \leq \rho < 60$	0,038	1
1.4	Clasa A4	$60 \leq \rho < 100$	0,037	1
1.5	Clasa A5	$100 \leq \rho < 160$	0,038	2
1.6	Clasa A6	$160 \leq \rho \leq 200$	0,040	2
2	Produse din vată de sticlă			
2.1	Clasa B1	$7 \leq \rho < 9,5$	0,047	1
2.2	Clasa B2	$9,5 \leq \rho < 12,5$	0,042	1
2.3	Clasa B3	$12,5 \leq \rho < 18$	0,039	1
2.4	Clasa B4	$18 \leq \rho < 25$	0,037	1
2.5	Clasa B5	$25 \leq \rho < 50$	0,035	1
2.6	Clasa B6	$50 \leq \rho < 80$	0,034	1
2.7	Clasa B7	$80 \leq \rho \leq 120$	0,036	1
3	Materiale plastice celulare			
3.1	Polistiren expandat			
3.1.1	Clasa P1	$9 \leq \rho < 13$	0,046	30
3.1.2	Clasa P2	$13 \leq \rho < 16$	0,042	30
3.1.3	Clasa P3	$16 \leq \rho < 20$	0,040	30
3.1.4	Clasa P4	$20 \leq \rho < 25$	0,038	30
3.1.5	Clasa P5	$21 \leq \rho < 35$	0,035	60
3.1.6	Clasa P6	$35 \leq \rho \leq 50$	0,033	60
3.2	Polistiren extrudat			
3.2.1	Plăci fără gaz inclus altul decât aerul	$28 \leq \rho \leq 40$	0,042	150
3.2.2	Plăci expandate cu hidrofluorocarburi HCFC	$25 \leq \rho \leq 40$	0,035	150
3.3	Produse din spumă rigidă de poliuretan			
3.3.1	Plăci debitate din blocuri spumate continuu și expandate cu HCFC	$37 \leq \rho < 65$	0,041	60
3.3.2	Plăci spumate continuu sau debitate din blocuri spumate expandate fără gaz inclus altul decât aerul	$15 \leq \rho \leq 30$	0,040	60
3.3.3	Plăci spumate continuu injectate între două panouri rigide - expandate cu HCFC - expandate fără gaz inclus altul decât aerul	$37 \leq \rho \leq 60$ $37 \leq \rho \leq 60$	0,033 0,037	60 60
3.4	Sticlă celulară	$110 \leq \rho \leq 140$	0,050	20.000

Tabelul 5.3.2 - Coeficienți de majorare a conductivității termice a materialelor de construcție în funcție de starea și vechimea lor

Material	Starea materialului	Coeficient de majorare
1	2	3
Zidărie din cărămidă sau blocuri ceramice	vechime ≥ 30 ani	1,03
	• în stare uscată	1,15
	• afectată de condens	1,30
Zidărie din blocuri de b.c.a. sau betoane ușoare	vechime ≥ 20 ani	1,05
	• în stare uscată	1,15
	• afectată de condens	1,30
Zidărie din piatră	vechime ≥ 20 ani	1,03
	• în stare uscată	1,10
	• afectată de condens	1,20
Beton armat	• afectat de igrasie	1,10
	• afectat de condens	1,10
Beton cu agregate ușoare	vechime ≥ 30 ani	1,03
	• în stare uscată	1,10
	• afectat de condens	1,20
Tencuială	vechime ≥ 20 ani	1,03
	• în stare uscată	1,10
	• afectată de condens	1,30
Pereți din paianță sau chirpici	vechime ≥ 10 ani	1,10
	• în stare uscată, fără degradări vizibile	1,15
	• în stare uscată, cu degradări vizibile (fisuri, exfolieri)	1,30
Vată minerală în vrac, saltele, pânze	vechime ≥ 10 ani	1,15
	• în stare uscată	1,30
	• afectată de condens	1,60
Plăci rigide din vată minerală	vechime ≥ 10 ani	1,10
	• în stare uscată	1,20
	• afectată de condens	1,30
Polistiren expandat	vechime ≥ 10 ani	1,05
	• în stare uscată	1,10
	• afectat de condens	1,15
Polistiren extrudat	vechime ≥ 10 ani	1,02
	• în stare uscată	1,05
	• în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,10

Material	Starea materialului	Coeficient de majorare
1	2	3
Poliuretan rigid	vechime ≥ 10 ani	
	• în stare uscată	1,10
	• afectat de condens	1,15
	• în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,25
Spumă de poliuretan aplicată in situ	vechime ≥ 10 ani	
	• în stare uscată	1,15
	• cu degradări vizibile datorită expunerii la radiațiile UV	1,20
	• în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,25
Elemente din lemn	vechime ≥ 10 ani	
	• în stare uscată, fără degradări vizibile	1,10
	• în stare uscată, cu degradări vizibile (fisuri, microorganisme)	1,20
	• în stare umedă	1,30
Plăci din aşchii de lemn liate cu ciment	vechime ≥ 10 ani	
	• în stare uscată	1,10
	• afectate de condens	1,20
	• în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,30

I.5.4 Parametri de performanță caracteristici elementelor de anvelopă necesari la evaluarea performanței energetice a clădirilor

Parametrii de performanță caracteristici elementelor de anvelopă, necesari pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor sunt :

- rezistențe termice unidirecționale (R), respectiv transmitanțe termice unidirecționale (U),
- rezistențe termice (R'), respectiv transmitanțe termice (U') corectate cu efectul punților termice; raportul dintre rezistența termică corectată și rezistența termică unidirecțională (r),
- rezistențe termice corectate, medii, pentru fiecare tip de element de construcție perimetral, pe ansamblul clădirii (R'_m);
- rezistență termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (R'_M); respectiv transmitanță termică corectată, medie, a anvelopei clădirii ($U'_{clădire}$);

Alți parametri utilizați sunt:

- indicele de inerție termică D ,
- rezistența la difuzia vaporilor de apă,
- coeficienții de inerție termică (amortizare, defazaj),
- coeficientul de absorbivitate a suprafeței corelat cu culoarea și starea suprafeței,
- factorul optic pentru vitraje,
- raportul de vitrare etc.

Se determină următorii parametri:

- Rezistențele termice corectate ale elementelor de construcție (R'), respectiv transmitanțele termice corectate (U') - cu luarea în considerare a influenței punților termice, permițând :
 - compararea valorilor calculate pentru fiecare încăpere în parte, cu valorile normate/de referință: rezistențele termice, minime necesare din considerente igienico-sanitare și de confort (R'_{nec});
 - compararea valorilor calculate pentru ansamblul clădirii (R'_m), cu valorile normate/de referință: rezistențele termice minime, normate, stabilite în mod convențional, în scopul

- economisirii energiei în exploatare ($R'_{\min}$); respectiv compararea valorilor calculate pentru ansamblul clădirii (U'_m), cu transmitanțele termice maxime, normate/de referință, stabilite în mod convențional, în scopul economisirii energiei în exploatare ($U'_{\max}$);
- Rezistența termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (R'_M); respectiv transmitanței termice corectate, medii, a anvelopei clădirii ($U'_{clădire}$); acești parametri se utilizează pentru determinarea consumului anual de energie total și specific (prin raportare la aria utilă a spațiilor încălzite) pentru încălzirea spațiilor la nivelul sursei de energie a clădirii - conform Metodologiei partea a II-a și prevederilor din reglementarea tehnică : Auditul și certificatul de performanță energetică ale clădirii.
 - Temperaturile pe suprafețele interioare ale elementelor de construcție, permițând :
 - verificarea riscului de condens superficial, prin compararea temperaturilor minime cu temperatura punctului de rouă;
 - verificarea condițiilor de confort interior, prin asigurarea indicilor globali de confort termic PMV și PPD, în funcție de temperaturile medii de pe suprafețele interioare ale elementelor de construcție perimetrale.

Pentru evitarea riscului de apariție a unor fenomene legate de confortul interior și condițiile minime igienico-sanitare, se atrage atenția asupra importanței efectuării următoarelor verificări :

- evaluarea comportării elementelor de construcție perimetrale la fenomenul de condens superficial;
- evaluarea comportării elementelor de construcție perimetrale la difuzia vaporilor de apă;
- evaluarea stabilității termice a elementelor de construcție perimetrale și a încăperilor.
- evaluarea indicilor globali de confort termic *PMV* și *PPD* și indicatorii disconfortului local - determinarea căroră, la clădirile de locuit existente, este facultativă; oportunitatea efectuării acestei verificări se va stabili de la caz la caz.

I.6. Parametri de climat exterior specifici pentru aplicarea metodologiei

I.6.1 Definiții

În prezenta parte 1 a metodologiei se utilizează următorii parametri climatici exteriori:

- temperatura aerului exterior, în $^{\circ}\text{C}$;
- temperatura exterioară de proiectare pentru iarnă, în $^{\circ}\text{C}$;
- umiditatea relativă a aerului exterior, în %,
- intensitatea radiației solare, în W/m^2 ,
- viteza vântului de referință, în m/s .

Temperatura aerului exterior este temperatura aerului dată de termometrul uscat, măsurată conform metodologiei stabilite de Organizația Mondială de Meteorologie (WMO).

Temperatură exterioară de proiectare pentru iarnă este temperatura aerului exterior cu o anumită perioadă de revenire, utilizată la determinarea sarcinii termice de proiectare a unei clădiri.

Umiditatea relativă a aerului exterior este raportul dintre presiunea vaporilor de apă din aerul umed și presiunea de saturație a vaporilor la aceeași temperatură și se calculează cu relația:

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{sat}}(\theta)} \quad (6.1.1)$$

în care:

φ - umiditatea relativă a aerului, în %;

p - presiunea vaporilor de apă, în Pa;

$p_{sat}(\theta)$ - presiunea de saturație a vaporilor, corespunzătoare temperaturii T , calculată cu relațiile:

$$p_{sat} = 6,105 \cdot \exp\left(\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}\right) \quad \text{pentru } \theta \geq 0; \quad (6.1.2)$$

$$p_{sat} = 6,105 \cdot \exp\left(\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}\right) \quad \text{pentru } \theta < 0; \quad (6.1.3)$$

Intensitatea radiației solare este fluxul radiant pe suprafață generat prin receptarea radiației solare pe un plan având o înclinare și orientare oarecare. În funcție de condițiile de receptare, intensitatea radiației solare poate fi: totală, directă, difuză, reflectată, globală.

Intensitatea radiației solare totală este intensitatea radiației solare generată prin receptarea pe un plan oarecare a radiației totale de la întreaga emisferă.

Intensitatea radiației solare directe este intensitatea radiației solare generată prin receptarea radiației solare care provine dintr-un unghi solid care înconjoară concentric discul solar aparent.

Intensitatea radiației solare difuze este intensitatea radiației solare generată prin receptarea radiației solare disperse dinspre întreaga boltă cerească, cu excepția unghiului solid care este utilizat la măsurarea intensității radiației solare directe.

Intensitatea radiației solare reflectate este intensitatea radiației generate prin receptarea radiației solare globale reflectată în sus de un plan orientat în jos.

Intensitatea radiației solare globală este intensitatea totală a radiației solare, măsurată pe un plan orizontal.

Viteza vântului de referință este definită ca fiind viteza vântului măsurată la o înălțime de 10 m deasupra nivelului solului, în câmp deschis, fără obstacole în imediata apropiere și se calculează ca valoarea medie, pe o perioadă de la 10 minute până la o oră, a valorilor instantanee.

I.6.2 Tipuri de date necesare

Datele necesare pentru stabilirea parametrilor de climat exterior utilizați în prezenta metodologie sunt:

- Temperatura aerului exterior:
 - valori medii orare în anul climatic reprezentativ;
 - valori medii lunare;
 - valori convenționale.
- Umiditatea relativă a aerului exterior
- Intensitatea radiației solare
- Viteza medie a vântului

Utilizarea acestor tipurilor de valori ale parametrilor climatici prezentați mai sus se precizează la locul potrivit în diferitele etape ale calculului performanței energetice a clădirilor.

În cazul în care sunt disponibile date, aceste valori pot fi extrase din tabele sau hărți realizate prin prelucrarea datelor meteorologice în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare (document recomandat SR EN 15927-1).

În lipsa unei baze de date climatice complete, se pot utiliza valorile date în următoarele documente recomandate:

- SR 4839-1997 (temperaturi medii lunare);
- STAS 6648/2-82 (temperaturi medii zilnice pentru lunile de vară, intensitatea radiației solare);
- SR 1907/1-97 (viteza convențională a vântului de calcul, în funcție de zona eoliană).

Temperaturile exterioare convenționale de calcul se consideră în conformitate cu harta de zonare climatică a teritoriului României, pentru perioada de iarnă. SR 1907-1/97 cuprinde această hartă, conform căreia teritoriul României se împarte în 4 zone climatice, astfel :

- zona I $\theta_e = - 12^{\circ}\text{C}$
- zona II $\theta_e = - 15^{\circ}\text{C}$
- zona III $\theta_e = - 18^{\circ}\text{C}$
- zona IV $\theta_e = - 21^{\circ}\text{C}$

I.6.3 Metode de prelucrare a datelor climatice

Stabilirea valorilor parametrilor necesari pentru calculul performanței energetice a clădirilor se va face pe baza datelor măsurate conform metodologiei stabilite de Organizația Mondială de Meteorologie și prelucrate în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare (documente recomandate: SR EN 15927/1 și SR EN 15927/5).

I.7. Elemente privind concepția constructiv - arhitecturală, generală și de detaliu, care influențează performanțele clădirii sub aspect termic, al ventilării naturale, al însoririi și al iluminatului natural.

Cerințele minime de performanță energetică a clădirilor se stabilesc pentru diferitele categorii de clădiri, aparținând principalelor pachete de programe arhitecturale în care se încadrează clădirile rezidențiale clădirile publice și cele de producție, atât pentru cele noi, cât și pentru cele existente. Cerințele țin seama dacă clădirile și-au păstrat funcțiunea pentru care au fost proiectate sau au suferit refuncționalizare în cadrul ciclului de viață.

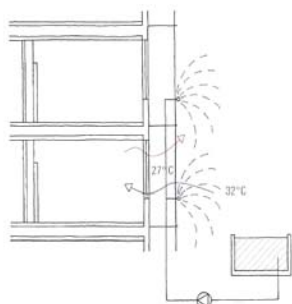
I.7.1 Clasificarea clădirilor în raport cu poziția în mediul construit ține seama de:

- Amplasament (acces, vecinătăți, însorire/umbrire, expunere la vânt, condiționări impuse de peisajul natural s.a.);
- Orientarea în raport cu punctele cardinale și față de vântul dominant;
- Poziția față de vecinătăți (clădiri, obstacole naturale etc.)

La stabilirea performanței energetice a unei clădiri și la elaborarea certificatului energetic al acesteia, fie că este vorba de o clădire nouă sau de una existentă, se va ține seama de o serie de date care intervin în faza de proiectare, cu considerarea eventualelor modificări. În Anexa A7.9 se fac o serie de precizări.

1.7.2 Elemente arhitecturale și de construcție care influențează performanța energetică a clădirii din punct de vedere termic și al iluminatului natural.

Obiectivul dezirabil, în condițiile actuale ale schimbării climatice, care afectează tot globul pământesc, rămâne cel prin care se realizează controlul insolării clădirii: umbrire pe timp de vară și însorire pe timpul iernii.



Echilibrarea heliotermică (reducerea pierderilor de căldură în sezonul rece și reducerea câștigului de căldură în sezonul cald prin conformarea volumetriei clădirii și orientare) - reducerea necesarului de energie pentru încălzirea sau răcirea unui spațiu depinde de compactitatea clădirii și orientarea față de punctele cardinale, de forma volumetrică a clădirii și de raportul dintre volum și suprafață - exprimat prin indicii de formă al clădirii pentru o anumită amplasare geografică.

Fig. 7.2.1.1

Favorizarea ventilării naturale utilizând răcirea adiabatică a anvelopei pentru care s-a prevăzut paravanul cu sprinklere

1.7.2.1 Rezolvări volumetrice particulare (volumetrii compacte, cladiri U, L, Y etc. decupaje în volumetrie etc.)

Au fost făcute următoarele constatări:

- Pentru clădirile U, L, H, Y aportul maxim anual de energie solară pe suprafață de fereastră orientată Sud – Sud-Est la 18° spre Est față de axa Nord-Sud este de 255,9 kWh/m², în timp ce spre Vest este de 88,9 kWh/m², iar spre Est este de 42,9 kWh/m².
- În cazul unei construcții de formă compactă, pentru optimizarea relației însorire – necesarul de căldură în realizarea confortului interior clădirii există un raport optim între lungimea și lățimea în plan a suprafeței construite, care este de 1:1,6. Există un raport limită de 1:2,4 dintre laturile dreptunghiului ipotetic ce delimitează suprafața construită la sol, dar acesta devine eficient numai cu condiția schimbării de direcție către Sud – Est a planului, după ce a fost depășit raportul de 1:1,6 a porțiunii de plan orientate către Sud. În ceea ce privește volumetria compactă a clădirii, considerând 100% necesarul energiei consumate în menținerea temperaturii de confort în interiorul unei construcții de forma unui cub, procentul crește spre 200% odată cu diviziunea întregului în opt cuburi componente și recompunerea lor în diferite scheme de organizare. În raport cu energia consumată în interiorul cubului pentru menținerea temperaturii de confort considerată 100%, o construcție sub formă de semicalotă sferică consumă numai 96%, o clădire cilindrică, 98%, în timp ce pentru un spațiu piramidal este necesar un consum de energie de 112%.(Anexa A7.5)

Performanța termică a anvelopei (Anexa A7.6) se realizează prin:

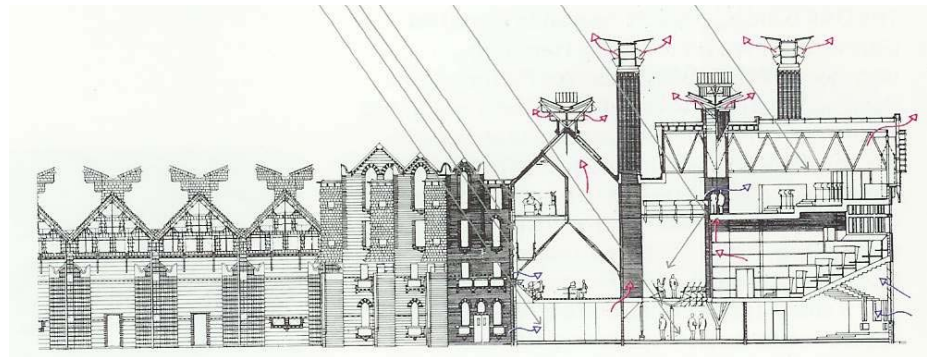
- controlul mărimii golurilor, geometria ferestrelor, tipul de etanșeizare al tâmplărilor și creșterea performanțelor acestora, selectarea tipurilor de geamuri, utilizarea sistemelor de umbrire (interior și exterior), optimizarea luminării naturale și controlul strălucirii, reducerea pierderilor de căldură și a câștigului de căldură;
- optimizarea izolării termice în vederea reducerii consumului de energie necesar pentru încălzirea sau răcirea spațiilor interioare clădirii (pierderi sau câștig de căldură prin anvelopa clădirii);

- utilizarea calității de masă termică a anvelopei clădirii;
- asigurarea integrității anvelopei clădirii astfel încât să se asigure confortul termic și să se prevină condensul (utilizarea corectă a barierei de vapori și evitarea punților termice).

Procesul de evaporare poate fi exploatat cu succes în răcirea adiabatică a anvelopei (fig. 7.2.1.1) clădirilor în sistem pasiv, caz în care se apelează la tehnologii cu ajutorul cărora se produce dispersia fină a apei sau utilizarea apei ca agent de răcire a spațiilor interioare și se asociază altor tipuri de tehnologii integrate în elementele constructive (planșee, pardoseli). Sunt folosite oglinzile de apă (ajutate și ele în procesul de răcire adiabatică de fântâni arteziene sau alte instalații) sau sunt create special suprafețe inundate imediat lângă construcție.

Stocajul termic în masa construcției este un concept important al proiectării ecologice integrate. De fapt fiecare spațiu ce adăpostește o funcțiune, facilitează prin convecție (prin intermediul aerului interior) schimbul termic către suprafețele ce-l delimitează, pereți interiori, planșee sau anvelopa clădirii, spre exterior. Acestea se află într-o stare continuă de schimb de radiații reciproce (radiație directă sau difuză ce pătrunde prin intermediul ferestrei, lumina artificială, ocupanții, diferite alte obiecte sau dotări interioare).

Fig. 7.2.1.2
Concept de ventilare
și luminare naturală



Turnurile termice (fig. 7.2.1.2) punctează volumetria, străbătând nivelurile și pot fi asociate unor spații care necesită ventilare forțată (clădirile rezolvate pe plan adânc, birourile peisagere etc.); de asemenea, pe timpul verii ele pot asigura buna ventilare în sistem pasiv sau pot funcționa în sistem mixt pasiv / activ; în acest din urmă caz, unele dintre ele vor fi concepute ca prize de aer și prevăzute cu tehnologie integrată de purificarea aerului. Acest tip de asigurare a ventilației devine necesară în anumite regiuni caracterizate de un grad ridicat de poluare sau în zone susceptibile de a prezenta poluarea aerului în condiții meteorologice nefavorabile (vânt dinspre direcția unor zone ce prezintă un grad ridicat de poluare industrială, de exemplu). Caracterul lor versatil și anume acela de a se constitui pe timpul iernii în masă structurală de stocaj poate fi speculat prin asocierea cu spații anexă și prin poziționarea în cadrul configurării spațiale, care să permită recepționarea directă, pe fiecare nivel, a energiei radiante solare.

1.7.2.2 Tipuri de spații interioare: spații funcționale principale ale programului arhitectural, spații tampon (circulații, spații anexa, spații care cer luminare zenitală), spații versatile sau convertibile (sere, poduri), spații tranzitorii (porticuri, prispe), spații care comunică (spații publice - pasaje, atriumuri).

Spațiile tampon orientate spre Nord, Nord-Est și Nord-Vest sunt spații care în mod obișnuit îndeplinesc această funcțiune: windfang, vestibul, casa scării, coridoare, băi și grupuri sanitare, garaje etc. dar și alte tipuri de spații destinate activităților care reclamă lumină zenitală (săli de laborator, ateliere de pictură etc.) sau spații funcționale polivalente.

Spațiile versatile sau convertibile (Anexa A7.8): sere, atriumuri, pasaje, poduri etc. fie că adăpostesc funcțiuni specifice programului, fie că inserează construcției spații complementare acestuia, îndeplinesc în același timp, înafara rolului funcțional și rolul de capcane solare.

Terasele acoperite și închise pe timp de iarnă, dar deschise pe timpul verii, orientate spre Sud, cunoscute ca sere sunt considerate spații versatile sau convertibile și prezintă valențe ecologice materiale apreciate mai ales pentru suplimentarea suprafeței anvelopei care poate primi tehnologie proactivă.

În aceeași categorie se înscriu podurile / mansardele, a căror învelitoare este concepută cu un sistem de protecție termică eficient și de asemenea spațiile tranzitorii interior – exterior, fie că este vorba de curți interioare prin intermediul cărora se asigură funcție de poziționare în cadrul planului, buna ventilare pe timpul sezonului cald sau prezervarea unui microclimat propice pe timpul sezonului rece, fie că este vorba de pergole, portice etc. Logiile, prispele și foișoarele închise cu materiale transparente pot fi considerate de asemenea spații versatile.

Spațiul care comunică este mai mult decât un simbol și implicit este încărcat de valoare ecologică non-materială. Strada interioară care corespunde coridorului de distribuție spre spațiile propriu-zise ale programului (clădirea școlii poate fi socotită reprezentativă în acest caz), va cuceri de multe ori prin extensie, funcție de dimensiuni, și calificativul de atrium (în cazul altor programe publice – clădiri de birouri, sedii administrative, bănci etc.). Din punct de vedere al valorii ecologice materiale, aceasta va fi concepută astfel încât să se asigure o bună luminare - zenitală prin luminatorul central - să se realizeze temperatura de confort interior printr-o optimă cooperare cu masa structurală interioară și o bună ventilare prin judicioasa amplasare a turnurilor termice.

Microclimatul poate fi ameliorat prin prevederea spațiilor de tranziție exterior - interior (prispe, foișoare, terase deschise și acoperite, pergole) și al spațiilor exterioare din imediata vecinătate a construcției - amenajări exterioare peisagere sau arhitecturale (terase, plantații - grădină, alei - dalaje, terenuri de sport, oglinzi de apă etc.).

Fiecare spațiu care corespunde unei anumite activități din cadrul temei programului arhitectural va fi gândit, din punct de vedere tehnic, în colaborarea cu mediul climatic.

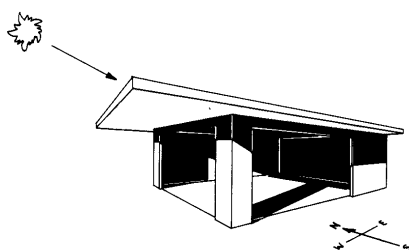


Fig. 7.2.3 Spațiu de tranziție – terasa acoperită umbrită, amplasată spre Sud

I.7.2.3 Intrânduri, ieșinduri, balcoane, cornișe, ancadramente

Pentru a putea profita pe timpul iernii de aportul caloric al razelor Soarelui, în interiorul spațiului construit orientat spre Sud, este necesar să apreciem adâncimea logiilor, balcoanelor sau a copertinelor și dimensiunea golurilor implicit înălțimea parapetului ferestrelor. Același lucru trebuie urmărit pentru prevenirea impactului razelor Soarelui asupra fațadelor orientate Sud, în perioadele de caniculă. Dacă notăm cu L adâncimea logiei, balconului sau a copertinei și cu H înălțimea cunoscută a golului atunci putem afla dimensiunea L utilizând următoarea formulă de calcul:

$L = H \operatorname{tg} \beta$, unde β este chiar latitudinea locului.

Tehnologiile brise-soleil-urilor orizontale sau verticale se bazează pe această formulă. Pentru cazurile nefavorabile întâlnite mai ales în arhitectura care trebuie să răspundă constrângerilor impuse de contextul locului, în condiții de orientare Vest și de supraîncălzire a fațadei sunt insuficiente și nerecomandate elemente de umbrire orizontale sau verticale. Este necesară combinarea acestor două elemente concomitent cu înclinarea lor în plan orizontal sau vertical.

Se recomandă consultarea unei hărți a însoririi, care pune în evidență cele două coordonate importante ale Soarelui: altitudinea și azimutul specifice unor latitudini într-un ecart de 5° , pentru fiecare lună a anului și pentru fiecare oră a zilei. Construcția grafică care combină unghiul de umbrire orizontal cu unghiul de umbrire vertical poartă numele de masca umbririi.

Proiectarea fațadelor umbrite se poate realiza și cu ajutorul unor programe de calculator specializate. Tehnologiile de umbrire fixe reprezintă un compromis și sunt indicate cele reglabile mecanic pentru a realiza o umbrire eficientă. Din studii a reieșit că utilizarea jaluzelelor și obloanelor salvează 10% din energie necesară realizării confortului interior.

I.7.2.4 Structură și flexibilitate funcțională

Modulul repetabil al structurii definit de axele clădirii, împreună cu asocierea punctelor umede (băi, grupuri sanitare, bucătărie etc.) pot conduce la flexibilitate funcțională – element definitoriu în cazul reabilitărilor cu refuncționalizare a clădirilor. Acest aspect trebuie gândit în strânsă legătură cu repartizarea tuturor elementelor descrise la pct 7.2.2 care sunt specifice în controlul pasiv al unei clădiri. În cazul turnurilor termice și al partiurilor cu adâncimi mari, proiectarea structurii de rezistență trebuie să răspundă flexibilității funcționale.

I.7.3 Recomandări privind utilizarea resurselor locale la realizarea clădirilor.

Se recomandă utilizarea următoarelor materiale și produse fabricate pe plan local datorită faptului că se conservă energia înglobată și se reduce consumul de resurse naturale:

- materiale recuperate și fabricate din deșeuri;
- produse și materiale reciclabile;
- materiale din surse regenerabile;
- materiale nepoluante;
- materiale rezistente în timp cu un ciclu de viață de cel puțin 50 de ani;
- materiale care pot fi reutilizate, reciclabile sau sunt biodegradabile.

I.7.4 Factorii care determină iluminarea naturală a încăperilor din punct de vedere arhitectural

Performanța energetică a unei clădiri include aspecte privind iluminatul natural, o rezolvare optimă prezentând numeroase beneficii, inclusiv o economie considerabilă de energie prin reducerea necesarului de iluminat artificial (electric), încălzire și răcire. Un spațiu cu iluminat natural corespunzător și cu un sistem de control al iluminatului artificial poate să conducă la obținerea unei economii de energie electrică în cadrul iluminatului clădirii de 30 – 70%.

Tendința actuală este de integrare a luminii naturale și a luminii artificiale, având permanent în vedere obținerea unui mediu luminos confortabil, atât din punct de vedere cantitativ, cât și calitativ. O integrare optimă a celor două componente echivalează cu performanțe tehnologice, prin care

orice variație a luminii naturale este corectată automat, în sens pozitiv sau negativ, fie prin iluminatul artificial, fie prin sistemele de protecție solară.

Strategia de iluminat natural are în vedere:

- caracteristicile luminii naturale în funcție de amplasament
- vecinătățile construite și neconstruite (vegetație, relief))
- tipul clădirii (atrium, liniar, nucleu central, curte interioară, celular, grupat, „open space” etc.).

Principalii factori arhitecturali care determină iluminarea naturală a încăperilor și care intră în ecuațiile de calcul pentru iluminatul natural al unui spațiu interior (document recomandat STAS 6221-89) sunt;

- orientarea clădirii față de punctele cardinale;
- mărimea, poziția și caracteristicile ferestrelor;
- raportul dintre aria ferestrelor și aria pardoselii încăperilor în funcție de destinația acestora/funcțiuni;
- efectele de reflexie (în legătură cu amenajările peisagere exterioare – de exemplu peluza sau pavaj ai cu finisajele clădirilor învecinate);
- distribuția luminii – controlată prin planul urbanistic (regimul de înălțime al clădirii stabilit în funcție de unghiul de cer și lățimea străzii) sau prin dimensionarea ferestrelor (pentru evitarea contrastului și a fenomenului de orbire);
- finisajul suprafețelor interioare (pereți, pardoseală, tavan).

I.7.4.1 Orientarea clădirii față de punctele cardinale

Lumina naturală poate fi accesibilă pentru orice orientare, dar trebuie realizate studii speciale în ceea ce privește dimensiunile suprafețelor vitrate, tipul de sticlă folosit, protecția solară optimă pentru fiecare punct cardinal în parte. Din punct de vedere al strategiei iluminatului natural, orientarea optimă trebuie gândită pentru fiecare funcțiune în parte, ținând cont de caracteristicile fiecărui punct cardinal:

- sud – aport de radiație luminoasă și termică; protecția solară este cel mai ușor de realizat, prin elemente orizontale; orientare indicată pentru sistemele solare pasive
- nord – aport de radiație luminoasă, nu și termică
- est și vest – protecție solară mai greu de realizat, datorită unghiurilor variate ale soarelui

I.7.4.2 Concepția spațial – volumetrică

Volumetria arhitecturală de ansamblu și rezolvările de detaliu determină rolul elementelor constructive în relație cu lumina naturală (Anexa A7.1):

- elemente de conducere (galerie, portic, atrium, curte de lumină, sere);
- elemente de transmisie (ferestre, luminatoare, sere);
- elemente de control (suprafețe separatoare, ecrane flexibile, ecrane rigide, filtre solare, elemente obturante).

I.7.4.3 Mărimea, poziția și caracteristicile ferestrelor

În funcție poziția suprafeței vitrate, iluminatul natural se clasifică în (Anexa A7.1):

- iluminat lateral - suprafața vitrată este inclusă în fațadă (verticală)
- iluminat zenital - suprafața vitrată se află la partea superioară (orizontală) a unui spațiu interior
- iluminat global – suprafețe complexe, de tip seră

Există o variație semnificativă a nivelului de iluminare naturală în funcție de dispunerea ferestrelor: lateral pe o parte, lateral pe două părți, diferite soluții de iluminat zenital (fig. 1 - Anexa A7.2).

De asemenea, pentru aceeași dimensiune de fereastră, există variații ale nivelului luminii naturale în funcție de poziționarea pe verticală a golului respectiv (de menționat că înălțimea parapetului trebuie corelată cu cerințele de siguranță în exploatare pentru fiecare caz în parte) (fig. 2 - Anexa A7.2).

I.7.4.4 Raportul dintre aria ferestrelor și aria pardoselii încăperilor în funcție de destinația acestora/funcțiuni

La construcțiile civile, la încăperile la care se apreciază că iluminarea nu este riguros legată de producția și destinația încăperii, realizarea condițiilor de iluminare se verifică, în mod aproximativ, pe baza raportului dintre aria ferestrelor încăperilor și aria pardoselii acestora, conform datelor din tabelul din Anexa A7.3 .

Pentru încăperile la care iluminarea este legată de producția și destinația încăperii și care a fost stabilită prin calcul, va trebui ca valorile rezultate să satisfacă și condițiile din Anexa A7.3, care se vor considera minimale.

I.7.4.5 Efectele de reflexie

Efectele de reflexie ce pot influența aportul de lumină naturală într-un spațiu provin din trei mari categorii :

- **mediul exterior neconstruit** - vegetație, dalaje, trotuarul de gardă al construcției, suprafețe de apă, fântâni arteziene
- **fațadele construcțiilor învecinate** - finisajul fațadelor învecinate (reflectanță mare pentru culori deschise, pastelate), elemente reflectante (panouri sticlă, placaje metalice etc.)
- **elemente ale clădirii studiate** - elemente constructive de protecție solară dispuse la exterior, dimensiunile ferestrelor

I.7.4.6 Distribuția luminii – controlată prin planul urbanistic

În cazul în care se analizează performanța energetică a unei clădiri se ține seama de o serie de caracteristici avute în vedere la proiectare (asupra cărora se poate interveni prin corectare sau amplificarea efectului):

- Regimul de înălțime al clădirii este stabilit prin studii de însorire, în funcție de un minim de ore de lumină necesar pentru vecinătatea cea mai defavorabilă (ținând cont de funcțiunea pe care aceasta o are).
- La stabilirea înălțimii clădirilor, se recomandă ca în planurile de sistematizare să se țină seama de lățimea străzii, astfel ca unghiul de cer să nu depășească limitele de la 27° la 45° pentru lățimea de stradă de 6m la 20m.
- La dimensionarea ferestrelor se va avea în vedere asigurarea uniformității luminii în încăpere, pentru evitarea contrastului și fenomenului de orbire (document recomandat: STAS 6221- 89)

I.7.4.7 Finisajul suprafețelor interioare

Finisajele interioare ale pereților, pardoselilor și mobilierul sau alte elemente de amenajare interioară devin suprafețe reflectante, contribuind la iluminatul natural al încăperilor în funcție de culoare și textură (Anexa A7.4).

În cazul când în încăperi reflexia se datorează și altor suprafețe, în afară de zugrăveala pereților și tavanului, valoarea factorului mediului global de sporire prin reflexie se poate stabili prin calcul.

I.7.4.8 Tehnologii contemporane

Preocupările contemporane de integrare a luminii naturale cu iluminatul artificial, au condus la noi tehnologii de captare și introducere a luminii naturale în zone ale clădirilor, precum și numeroase tehnologii integrate anvelopei (în special suprafețelor vitrate) pentru controlul iluminatului natural:

- tuburile de lumină – dispozitive care captează, transmit lumina naturală printr-un sistem de suprafețe reflectante și o distribuie uniform printr-un difuzor microprismatic în spațiile interioare care nu beneficiază de suprafețe vitrate
- sistem de captare cu heliostat cu oglindă - sistem de reflexii pentru transmiterea luminii în zonele de interes
- elemente optice holografice - elemente incluse în anvelopa clădirii, care realizează controlul energiei solare, prin redirecționarea radiației solare directe și indirecte
- ferestre inteligente cu peliculă de cristale de polimeri pentru controlul reflectanței geamului prin intermediul unui dispozitiv de monitorizare și autoreglare integrat în panoul de sticlă; geamuri electrocromice cu transmisie variabilă a luminii
- sisteme de control al luminii naturale, necesar datorită caracterului variabil al acesteia și un sistem de control al luminii artificiale suplimentare necesare în fiecare moment
- instrumente de proiectare asistată a iluminatului natural, utilizabile în faza inițială a proiectelor pentru dimensionarea optimă a ferestrelor, astfel încât să se obțină o performanță energetică și ambientală superioară

I.8. Regimuri de utilizare a clădirilor și influența acestora asupra performanței energetice

I.8.1 Clasificarea clădirilor în funcție de regimul lor de ocupare

În funcție de regimul de ocupare, clădirile se împart în două categorii:

- clădiri cu ocupare continuă – în care intră clădirile a căror funcționalitate impune ca temperatura mediului interior să nu scadă, în intervalul “ora 0 – ora 7” cu mai mult de 7°C sub valoarea normală de exploatare;
- clădiri cu ocupare discontinuă – în care intră clădirile a căror funcționalitate permite ca abaterea de la temperatura normală de exploatare să fie mai mare de 7°C pe o perioadă de 10 ore pe zi, din care 5 ore în intervalul “ora 0 – ora 7”.

I.8.2 Clasificarea tipurilor de funcționare ale instalațiilor de încălzire

Tipurile de funcționare ale instalațiilor de încălzire sunt:

- încălzire continuă;
- încălzire intermitentă.

Aspecte legate de tipurile de funcționare ale instalațiilor de încălzire sunt tratate în partea a II-a a metodologiei.

I.8.3 Clasificarea clădirilor funcție de inerția termică inclusiv modul de stabilire a valorii acesteia

În funcție de inerția termică, clădirile se împart în trei clase:

- inerție termică mică;
- inerție termică medie
- inerție termică mare.

Încadrarea clădirilor în una din clasele de inerție se face conform tabelului 8.3.1, în funcție de valoarea raportului:

$$\frac{\left(\sum_j m_j \cdot A_j \right)}{A_d} \quad (8.3.1)$$

în care:

- m_j - masa unitară a fiecărui element de construcție component j , care intervine în inerția termică a acestuia, în kg/m^2 ;
- A_j - aria utilă a fiecărui element de construcție j , determinată pe baza dimensiunilor interioare ale acestuia, în m^2 ;
- A_d - aria desfășurată a clădirii sau părții de clădire analizate, în m^2 .

Tabelul 8.3.1 – Clase de inerție termică

Raportul $\frac{\left(\sum_j m_j \cdot A_j \right)}{A_d}$	Inerția termică
până la 149 kg/m^2	mică
de la 150 până la 399 kg/m^2	medie
peste 400 kg/m^2	mare

La determinarea clasei de inerție se va avea în vedere următoarele:

- dacă aria desfășurată a spațiului încălzit aferent clădirii analizate este mai mică sau egală cu 200 m^2 , calculul raportului dat de relația (8.3.1) se va face pe întreaga clădire;
- dacă aria desfășurată a spațiului încălzit aferent clădirii analizate este mai mare de 200 m^2 , calculul raportului dat de relația (8.3.1) se va face pe o porțiune mai restrânsă, considerată reprezentativă pentru clădirea sau partea de clădire analizată.

I.8.4 Corelații între regimul de ocupare al clădirii și inerția termică a acesteia

În funcție de categoria de ocupare și de clasa de inerție, clădirile se împart în două categorii:

- clădiri de categoria 1, în care intră clădirile cu “ocupare continuă” și clădirile cu “ocupare discontinuă” de clasă de inerție termică mare;
- clădiri de categoria 2, în care intră clădirile cu “ocupare discontinuă” și clasă de inerție medie sau mică.

I.9. Stabilirea prin calcul a valorilor parametrilor de performanță termică, energetică și de permeabilitate la aer a anvelopei clădirilor

I.9.1 Precizarea valorilor de calcul a parametrilor date de intrare

I.9.1.1 Temperaturi

I.9.1.1.1 Temperaturi interioare convenționale de calcul

Temperaturile interioare ale încăperilor încălzite (θ_i)

Temperaturile interioare convenționale de calcul ale încăperilor încălzite, se consideră conform reglementărilor tehnice în vigoare (document recomandate SR 1907-2/97).

Dacă într-o clădire încăperile au temperaturi de calcul diferite, dar există o temperatură predominantă, în calcule se consideră această temperatură; de exemplu, la clădirile de locuit se consideră $\theta_i = +20^\circ\text{C}$.

Dacă nu există o temperatură predominantă, temperatura interioară convențională de calcul se poate considera temperatura medie ponderată a tuturor încăperilor încălzite:

$$\theta_i = \frac{\sum \theta_{ij} \cdot A_j}{\sum A_j} \quad [^\circ\text{C}] \quad (9.1.1)$$

în care:

A_j aria încăperii j având temperatura interioară θ_{ij} .

Temperaturile interioare ale spațiilor neîncălzite (θ_u)

Temperaturile interioare ale spațiilor și încăperilor neîncălzite se determină exclusiv pe bază de bilanț termic, în funcție de temperaturile de calcul ale încăperilor adiacente, de ariile elementelor de construcție care delimitează spațiul neîncălzit, precum și de rezistențele termice ale acestor elemente. În calcule se va ține seama în mod obligatoriu și de numărul de schimburi de aer în spațiului neîncălzit.

Tot pe bază de bilanț termic se vor determina temperaturile θ_u din rosturile închise, podurile și etajele tehnice, precum și cele din balcoanele și logiile închise cu tâmplărie exterioară.

Pentru determinarea temperaturii convenționale de calcul dintr-un spațiu neîncălzit de tip cămară sau debară, se face un calcul de bilanț termic, utilizându-se relația generală :

$$\theta_u = \frac{\sum (\theta_j \cdot L_j) + 0,34 \cdot V \cdot \sum (n_j \cdot \theta_j)}{\sum L_j + 0,34 \cdot V \cdot \sum n_j} \quad [^\circ\text{C}] \quad (9.1.2)$$

în care :

- L_j coeficienții de cuplaj termic aferenți tuturor elementelor de construcție orizontale și verticale care delimitează spațiul neîncălzit de mediile adiacente: aer exterior sau încăperi încălzite, în $[\text{W/K}]$;
- θ_j temperaturile mediilor adiacente: aer exterior (θ_e) sau încăperei încălzită (θ_i), în $^\circ\text{C}$;
- V volumul interior al spațiului neîncălzit $[\text{m}^3]$;
- n_j numărul de schimburi de aer datorită permeabilității la aer a elementului j , în $[\text{h}^{-1}]$.

I.9.1.1.2 Temperaturi exterioare

Temperaturile exterioare utilizate la calculul performanțelor termice ale elementelor de construcție perimetrale care alcătuiesc anvelopa clădirii sunt temperaturile exterioare de calcul stabilite în funcție de zona climatică de calcul pentru perioada de iarnă, conform pct. 6.

I.9.1.2 Caracteristici higrotermice ale materialelor de construcție

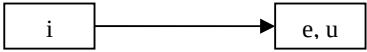
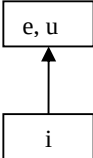
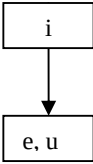
Caracteristicile higrotermice ale materialelor de construcție din alcătuirea elementelor de anvelopă se determină conform pct 5.3.

I.9.1.3 Rezistențe la transfer termic superficial **R_{si} și R_{se}** ;

Rezistențele la transfer termic superficial (R_{si} și R_{se}) se consideră în calcule în funcție de direcția și sensul fluxului termic; $R_{si} = 1/h_i$ și $R_{se} = 1/h_e$.

Pentru calculul câmpului de temperaturi în vederea verificării temperaturilor superficiale, valoarea rezistenței la transfer termic superficial interior R_{si} , în câmpul curent al elementului și pentru îmbinări 2-D sau 3-D în anvelopă, se consideră diferențiat (documente recomandate: SR EN ISO 10211-1:1998 și SR EN ISO 10211-1/AC:2003).

Tabelul 9.1.1 - Coeficienți de transfer termic superficial h_i și h_e [W/(m²K)] și rezistențe termice superficiale R_{si} și R_{se} [m²K/W]

DIRECȚIA ȘI SENSUL FLUXULUI TERMIC	Elemente de construcție în contact cu: • exteriorul • pasaje deschise (ganguri)		Elemente de construcție în contact cu spații ventilate neîncălzite: • subsoluri și pivnițe • poduri • balcoane și logii închise • rosturi închise • alte încăperi neîncălzite	
	h_i/R_{si}	h_e/R_{se}	h_i/R_{si}	h_e/R_{se}
	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{24}{0,042}$ *)	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{12}{0,084}$
	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{24}{0,042}$ *)	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{12}{0,084}$
	$\frac{6}{0,167}$	$\frac{24}{0,042}$ *)	$\frac{6}{0,167}$	$\frac{12}{0,084}$

*) Pentru condiții de vară : $h_e = 12$ W/(m²K), $R_{se} = 0,084$ m²K/W

Valorile rezistențelor termice superficiale interioare din tabelul 9.1.1 sunt valabile pentru suprafețele interioare obișnuite, netratate (cu un coeficient de emisie $\varepsilon = 0,9$); valorile din tabel au fost determinate pentru o temperatură interioară evaluată la + 20 °C.

Valoarea rezistenței termice superficiale exterioare din tabelul 9.1.1 corespunde următoarelor condiții:

- suprafața exterioară netratată, cu un coeficient de emisie $\varepsilon = 0,9$;
- temperatura exterioară $\theta_e = 0$ °C
- viteza vântului adiacent suprafeței exterioare $v = 4$ m/s

Pentru alte viteze ale vântului rezistența termică superficială exterioară se poate considera orientativ astfel:

v	R_{se}
[m/s]	[m ² K/W]
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

I.9.1.4 Rezistențe termice ale straturilor de aer neventilat

Rezistențele termice ale straturilor de aer neventilat (R_a) se consideră, în funcție de direcția și sensul fluxului termic și de grosimea stratului de aer (document recomandat SR EN ISO 6946), pentru toate elementele de construcție, cu excepția elementelor de construcție vitrate.

Pentru modul în care se pot considera în calculele termotehnice straturile de aer în care există un oarecare grad de ventilare al spațiului de aer, deci o comunicare cu mediul exterior, se poate consulta documentul recomandat este SR EN ISO 6946.

I.9.2 Calculul rezistenței termice și a transmitanței termice totale, unidirecționale a elementelor de construcție opace

Calculul ține seama de prevederile din actele normative în vigoare (document recomandat: SR EN ISO 6946).

Rezistența termică totală, unidirecțională a unui element de construcție alcătuit din unul sau mai multe straturi din materiale omogene, fără punți termice, inclusiv din eventuale straturi de aer neventilat, dispuse perpendicular pe direcția fluxului termic, se calculează cu relația :

$$R = R_{si} + \sum R_j + \sum R_a + R_{se} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (9.2.1)$$

Relația (9.2.1) se utilizează și pentru determinarea rezistenței termice în câmp curent, a elementelor de construcție neomogene (cu punți termice).

În calculul unidirecțional, suprafețele izoterme se consideră că sunt paralele cu suprafața elementului de construcție.

La elementele de construcție cu straturi de grosime variabilă (de exemplu la planșeele de la terase), rezistențele termice se pot determina pe baza grosimilor medii ale acestor straturi, aferente suprafețelor care se calculează .

Transmitanța termică/coeficientul unidirecțional de transmisie termică prin suprafață se determină cu relația :

$$U = \frac{1}{R} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (9.2.2)$$

Dacă valorile R și U reprezintă rezultate finale ale calculelor termotehnice, ele pot fi rotunjite la 3 cifre semnificative (2 zecimale).

1.9.3 Calculul rezistenței termice și a transmitanței termice - corectate cu efectul punților termice, a elementelor de construcție opace – descrierea metodelor de calcul.

Documente recomandate:

- SR EN ISO 10211-1: « Punți termice în construcții – Fluxuri termice și temperaturi superficiale – Partea 1 : Metode generale de calcul »,
- SR EN ISO 10211-2: « Punți termice în construcții – Calculul fluxurilor termice și temperaturilor superficiale – Partea 2 : Punți termice liniare » ;
- SR EN ISO 14683: « Punți termice în construcții – Transmitanțe termice liniare – metodă simplificată și valori precalculate ».
- SR EN 13789: « Performanța termică a clădirilor. Coeficient de pierderi de căldură prin transfer. Metodă de calcul».

Punțile termice la clădiri determină o modificare a fluxurilor termice și a temperaturilor superficiale în comparație cu cele corespunzătoare unei structuri fără punți termice. Aceste fluxuri termice și temperaturi pot fi determinate cu un grad suficient de exactitate prin calcule numerice (documente recomandate: EN ISO 10211-1 pentru flux termic tridimensional, EN ISO 10211-2 pentru flux termic bidimensional).

Pentru punțile termice liniare este mai operativ să se utilizeze metode simplificate pentru estimarea transmitanțelor termice liniare/coeficienților de transmisie termică liniară (document recomandat: SR EN ISO 14683).

Fluxul termic disipat prin anvelopa clădirii, Φ , între mediile interior și exterior, având ca temperaturi θ_i și θ_e , poate fi calculat cu relația:

$$\Phi = H_T (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (9.3.1)$$

Coeficientul de pierderi termice prin transmisie H_T , se calculează cu relația:

$$H_T = L + L_s + H_u \quad [\text{W/K}] \quad (9.3.2)$$

unde:

- L este coeficientul de cuplaj termic prin anvelopa clădirii, definit prin relația (9.3.3), în $[\text{W/K}]$;
- L_s este coeficientul de cuplaj termic prin sol, (document recomandat: SR EN ISO 13370) și care se admite a fi calculat în regim staționar (document recomandat: SR EN ISO 13789), în $[\text{W/K}]$;
- H_u coeficientul de pierderi termice prin spații neîncălzite (document recomandat: SR EN ISO 13789), în $[\text{W/K}]$.

Clădirile pot avea punți termice semnificative, unul dintre efecte fiind cel de creștere a fluxurilor termice disipate prin anvelopa clădirilor. În acest caz, pentru a se obține un coeficient de cuplaj termic corect, este necesară adăugarea unor termeni de corecție prin transmitanțele termice liniare și punctuale, după cum urmează:

$$L = \sum U_j A_j + \sum \psi_k l_k + \sum \chi_i \quad [\text{W/K}] \quad (9.3.3)$$

unde:

- L este coeficientul de cuplaj termic, în $[\text{W/K}]$;
- U_j este transmitanța termică a părții j de anvelopă a clădirii, în $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$;
- A_j este aria pentru care se calculează U_j , în $[\text{m}^2]$;
- ψ_k este transmitanța termică liniară a punții termice liniare k , în $[\text{W}/(\text{mK})]$;

l_k este lungimea pe care se aplică ψ_k , în m;
 χ_j este transmitanța termică punctuală a punții termice punctuale j , în [W/K].

Valorile transmitanțelor termice liniare depind de sistemul de dimensiuni ale clădirii utilizat în calculul ariilor, efectuat pentru fluxurile unidimensionale.

Transmitanța termică liniară, ψ , se calculează cu relația:

$$\psi_j = \frac{1}{l_j} (L^{2D} - \sum U_j A_j) \quad [\text{W}/(\text{mK})] \quad (9.3.4)$$

unde:

L^{2D} este coeficientul liniar de cuplaj termic obținut printr-un calcul bidimensional al componentei care separă cele două medii considerate, în [W/K];
 U_j este transmitanța termică prin suprafața componentei unidimensionale j care separă cele două medii considerate, în [W/(m²K)];
 l_j este lungimea din modelul geometric bidimensional pe care se aplică valoarea U_j , în metri.

Pentru toate calculele transmitanțelor termice liniare ψ , există posibilitatea optării pentru trei sisteme de dimensiuni ale clădirii pe care se bazează calculul (document recomandat: SR EN ISO 13789):

- dimensiuni interioare, măsurate între fețele interioare finisate ale fiecărei încăperi ale unei clădiri (excluzând grosimea elementelor despărțitoare interioare);
- dimensiuni interioare totale, măsurate între fețele interioare finisate ale elementelor exterioare ale unei clădiri (incluzând și grosimea elementelor despărțitoare interioare);
- dimensiuni exterioare, măsurate între fețele exterioare finisate ale elementelor exterioare ale unei clădiri.

Metoda aleasă în reglementările românești este cea cu dimensiuni interioare totale, măsurate între fețele interioare finisate ale elementelor exterioare ale unei clădiri.

Rezistența termică corectată se determină la elementele de construcție cu alcătuire neomogenă; ea ține seama de influența punților termice asupra valorii rezistenței termice determinate pe baza unui calcul unidirecțional în câmp curent, respectiv în zona cu alcătuirea predominantă.

Rezistența termică corectată R' și respectiv transmitanța termică corectată/coeficientul corectat de transmisie termică prin suprafață U' se calculează cu relația generală :

$$U' = \frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{\sum (\psi \cdot l)}{A} + \frac{\sum \chi}{A} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (9.3.5)$$

în care :

R rezistența termică totală, unidirecțională, aferentă ariei A ;
 l lungimea punților liniare de același fel, din cadrul suprafeței A .

Rezistența termică corectată se mai poate exprima prin relația :

$$R' = r \cdot R \quad [\text{m}^2\text{K}/\text{W}] \quad (9.3.6)$$

în care r reprezintă coeficientul de reducere a rezistenței termice totale, unidirecționale :

$$r = \frac{1}{1 + \frac{R \cdot [\sum (\psi \cdot l) + \sum \chi]}{A}} \quad [-] \quad (9.3.7)$$

Transmitanțele termice liniare ψ și punctuale χ aduc o corecție a calcului unidirecțional, ținând seama atât de prezența punților termice constructive, cât și de comportarea reală, bidimensională, respectiv tridimensională, a fluxului termic, în zonele de neomogenitate a elementelor de construcție.

Punțile termice punctuale rezultate la intersecția unor punți termice liniare, de regulă, se neglijează în calcule.

Transmitanțele termice liniare ψ și punctuale χ nu diferă în funcție de zonele climatice; ele se determină pe baza calculului numeric automat al câmpurilor de temperaturi, pe baza indicațiilor din anexa A9.3. Pentru detalii uzuale se pot folosi valorile precalculate din tabelele cuprinse în Cataloage cu valori precalculate ale transmitanțelor termice liniare și punctuale.

I.9.4 Calculul transmitanței termice a elementelor vitrate

I.9.4.1 Transmitanța termică a elementelor vitrate (ferestre și uși)

Transmitanța termică a elementelor vitrate se va calcula, fie utilizând metoda simplificată (document recomandat *EN ISO 10077-1 “Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice. Partea 1 - Metodă simplificată”*), fie metoda numerică bidimensională (document recomandat *SR EN ISO 10077-2 “Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice. Partea 2 - Metodă generală”*)

Transmitanța termică a unui element vitrat simplu (fereastră, ușă cu sau fără panou opac – figura 9.4.1) se calculează cu relația:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + A_p \cdot U_p + l_g \cdot \psi_g + l_p \cdot \psi_p}{A_g + A_f + A_p} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (9.4.1)$$

în care:

- U_g este transmitanța termică a vitrajului, în $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- U_f este transmitanța termică a ramei, în $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- U_p este transmitanța termică a panoului opac (dacă este cazul), în $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- A_g este aria vitrajului, în m^2 ;
- A_f este aria ramei, în m^2 ;
- A_p este aria panoului opac (dacă este cazul, în m^2 ;
- l_g este perimetrul vitrajului, în m;
- l_p este perimetrul panoului opac (dacă este cazul), în m;
- ψ_g este transmitanța termică liniară datorată efectelor termice combinate ale vitrajului, distanțierului și ramei (pentru vitraj simplu $\psi_g=0$), în $\text{W}/(\text{mK})$;
- ψ_p este transmitanța termică liniară pentru panoul opac (dacă este cazul), în $\text{W}/(\text{mK})$
($\psi_p \neq 0$ dacă panoul opac are la margine o punte termică datorită unui distanțier mai puțin izolat, altfel ($\psi_p = 0$)).

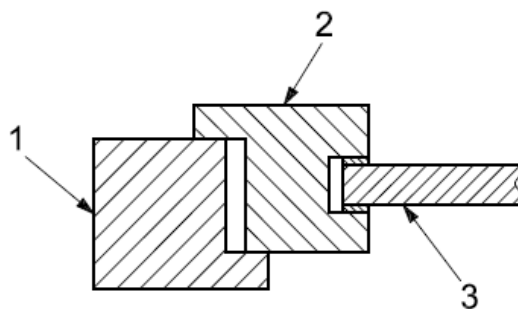


Figura 9.4.1 – Fereastră simplă

Legenda

- 1 – toc
- 2 – cercevea
- 3 – vitraj (simplu sau multiplu)

Trasmitanța termică a unui element constituit din două elemente vitrate separate (ferestre duble – figura 9.4.2) se calculează cu relația:

$$U = \frac{1}{1/U_{w1} - R_{si} + R_s - R_{se} + 1/U_{w2}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (9.4.2)$$

în care:

- U_{w1} este transmitanța termică a elementului vitrat exterior, în $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- U_{w2} este transmitanța termică a elementului vitrat interior, în $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- R_{si} este rezistența la transfer termic superficial interior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
- R_{se} este rezistența la transfer termic superficial exterior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
- R_s este rezistența termică a spațiului dintre vitrajul celor două elemente, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$.

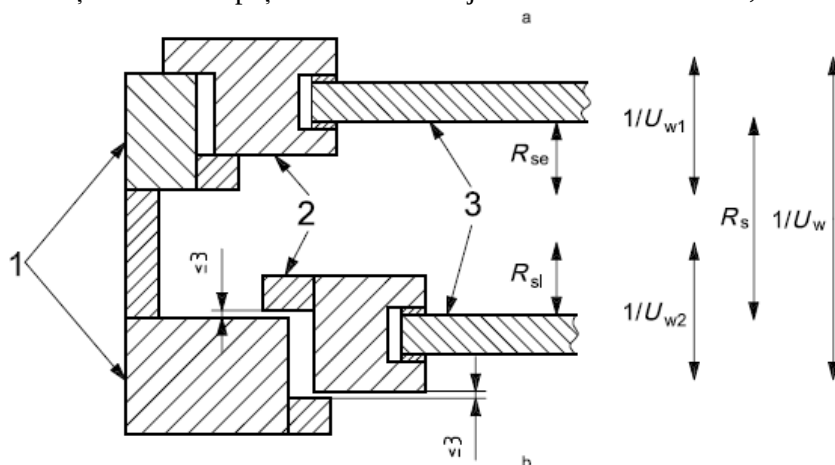


Figura 9.4.2 – Fereastră dublă

Legenda

- 1 – toc
- 2 – cercevea
- 3 – vitraj (simplu sau multiplu)

a – interior
b – exterior

Trasmitanța termică a unui element constituit din două elemente vitrate cuplate (o ramă și două cercevele separate – figura 9.4.3) se calculează cu relația 9.4.1 unde U_g se calculează cu relația:

$$U_g = \frac{1}{1/U_{g1} - R_{si} + R_s - R_{se} + 1/U_{g2}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (9.4.3)$$

în care:

- U_{g1} este transmitanța termică a vitrajului exterior, în $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- U_{g2} este transmitanța termică a vitrajului interior, în $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- R_{si} este rezistența la transfer termic superficial interior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
- R_{se} este rezistența la transfer termic superficial exterior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
- R_s este rezistența termică a spațiului dintre vitrajul celor două elemente, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$.

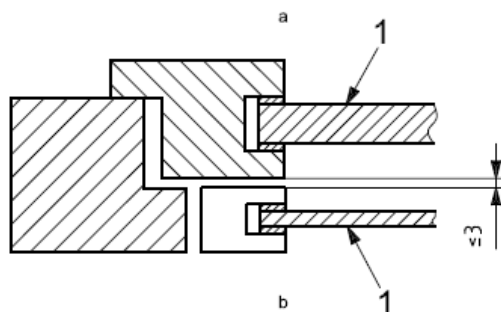


Figura 9.4.3 – Fereastră cuplată

Legenda

- 1 – vitraj (simplu sau multiplu)
- a – interior
- b – exterior

I.9.4.2 Transmitanța termică a ramei

Transmitanța termică a ramei elementului vitrat, U_f , se determină prin calcul numeric sau prin măsurări. În lipsa unor date mai precise, pot fi utilizate valorile orientative date în cele ce urmează.

Pentru rame din profile de PVC cu rigidizare metalică:

- $U_f = 2,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – pentru profile cu 2 camere;
- $U_f = 2,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – pentru profile cu 3 camere;
- $U_f = 1,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – pentru profile cu 4 camere;
- $U_f = 1,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – pentru profile cu 6 camere.

Pentru rame din lemn, transmitanța termică, U_f , poate fi extrasă din figura 9.4.4 de mai jos, în funcție de grosimea ramei și tipul de lemn.

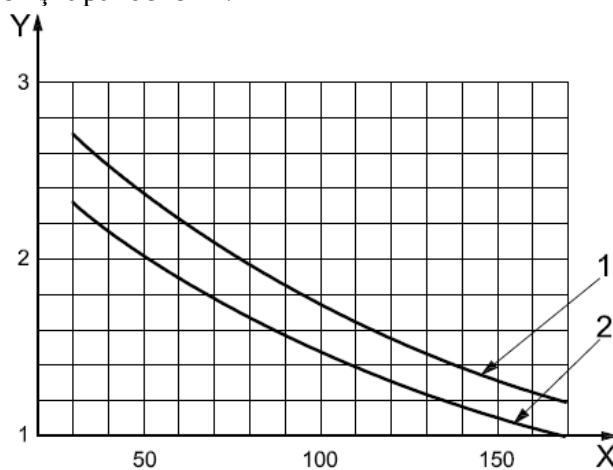


Figura 9.4.4 – Transmitanța termică pentru rame din lemn

Legenda

- X – grosimea ramei, d_f , în mm
- Y – transmitanța termică a ramei, U_f , în W/(mK)
- 1 – lemn tare
- 2 – lemn moale

Pentru rame din metal fără întreruperea punții termice transmitanța termică este $U_f = 5,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, iar pentru cele cu întreruperea punții termice U_f se poate calcula cu relația:

$$U_f = \frac{1}{R_{si} \cdot A_{f,i} / A_{d,i} + R_f + R_{se} \cdot A_{f,e} / A_{d,e}} \quad (9.4.4)$$

în care:

R_{si} este rezistența la transfer termic superficial interior, în m^2K/W ;
 R_{se} este rezistența la transfer termic superficial exterior, în m^2K/W ;
 R_f este rezistența termică a secțiunii ramei, în m^2K/W ;
 $A_{f,i}$ este aria proiectată a feței interioare a ramei, în m^2 ;
 $A_{f,e}$ este aria proiectată a feței exterioare a ramei, în m^2 ;
 $A_{f,di}$ este aria feței interioare a ramei aflată în contact cu aerul, în m^2 ;
 $A_{f,de}$ este aria feței exterioare a ramei aflată în contact cu aerul, în m^2 ;

Rezistența termică a secțiunii ramei se poate lua din figura 9.4.5, linia 2.

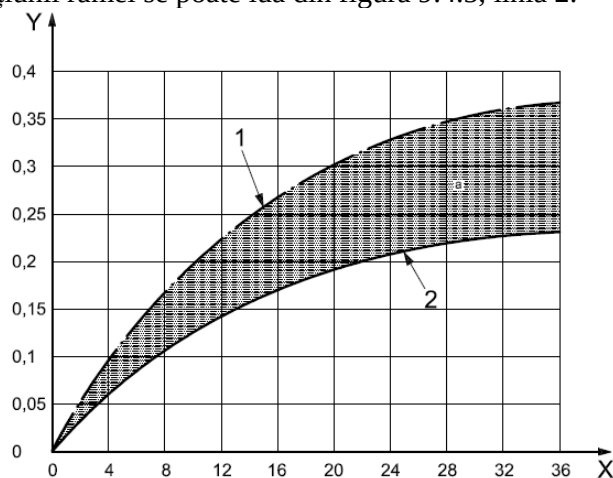


Figura 9.4.5 – Rezistența termică R_f a secțiunii ramei din metal cu întreruperea punții termice

Legenda

X este cea mai mică distanță, d , dintre secțiunile de metal opuse, în mm;
 Y este rezistența termică, R_f , a secțiunii ramei, în m^2K/W ;

I.9.4.3 Rezistența termică a spațiului dintre două elemente vitrate

La elementele vitrate duble sau cuplate, rezistența termică a spațiului dintre vitrajul celor două elemente, R_s , poate fi considerată conform tabelului 9.4.1 de mai jos.

Tabelul 9.4.1 – Rezistența termică a spațiilor de aer neventilat, R_s , în m^2K/W , pentru ferestre cuplate sau duble, verticale

Grosimea stratului de aer mm	O față acoperită cu o emisivitate normală de:				Ambele fețe neacoperite
	0,1	0,2	0,4	0,8	
6	0,211	0,190	0,163	0,132	0,127
9	0,299	0,259	0,211	0,162	0,154
12	0,377	0,316	0,247	0,182	0,173
15	0,447	0,364	0,276	0,197	0,186
50	0,406	0,336	0,260	0,189	0,179

I.9.4.4 Transmitanța termică liniară

Transmitanța termică liniară a joncțiunii ramă/vitraj poate fi determinată prin calcul numeric. Dacă nu sunt disponibile date mai precise, pot fi utilizate valorile orientative date în tabelul 9.4.2 de mai jos.

Tabelul 9.4.2 – Transmitanțe termice liniare, ψ , pentru distanțieri de aluminiu și metal

Material pentru ramă	Vitraj dublu sau triplu, sticlă neacoperită, spațiu umplut cu aer sau gaz ψ W/(m·K)	Vitraj dublu cu emisivitate joasă, vitraj triplu cu două acoperiri cu emisivitate joasă, spațiu umplut cu aer sau gaz ψ W/(m·K)
Ramă de lemn și ramă de PVC	0,05	0,06
Ramă de metal cu întreruperea punții termice	0,06	0,08
Ramă de metal fără întreruperea punții termice	0,01	0,04

I.9.4.5 Transmitanța termică a vitrajului

Transmitanța termică a vitrajului simplu sau a vitrajului stratificat, U_g , (de exemplu geam de siguranță, antiefracție, antiglonț) se calculează cu relația:

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{se}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (9.4.5) \text{ în care:}$$

R_{si} este rezistența la transfer termic superficial interior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
 R_{se} este rezistența la transfer termic superficial exterior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
 d_j este grosimea panoului de sticlă sau a stratului de material j , în m;
 λ_j este conductivitatea termică a sticlei sau a stratului de material j , în $\text{W}/(\text{mK})$.

Transmitanța termică a vitrajului multiplu, U_g , se calculează (document recomandat *SR EN 673 "Sticlă pentru construcții. Determinarea transmitanței termice U. Metodă de calcul"*) cu relația:

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{s,j} + R_{se}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (9.4.6)$$

în care:

R_{si} este rezistența la transfer termic superficial interior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
 R_{se} este rezistența la transfer termic superficial exterior, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$;
 d_j este grosimea panoului de sticlă sau a stratului de material j , în m;
 λ_j este conductivitatea termică a sticlei sau a stratului de material j , în $\text{W}/(\text{mK})$.
 $R_{s,j}$ este rezistența termică a spațiului de aer, în $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$.

Dacă nu sunt disponibile alte date mai precise, pentru vitrajele duble sau triple umplute cu aer sau alte gaze pot fi utilizate valori orientative ale transmitanței termice, U_g , date în tabelul 9.4.3 de mai jos.

**Tabelul 9.4.3 – Transmitanța termică, U_g , în $W/(m^2K)$,
pentru vitraj dublu sau triplu umplut cu aer sau alt gaz**

Tip	Vitraj			Tip de gaz (concentrația gazului $\geq 90\%$)		
	Sticlă	Emisivitate normală	Dimensiuni mm	Aer	Argon	Kripton
Vitraj dublu	Sticlă neacoperită (sticlă normală)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-9-4	3,0	2,8	2,6
			4-12-4	2,9	2,7	2,6
			4-15-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	O foaie de sticlă acoperită	$\leq 0,4$	4-6-4	2,9	2,6	2,2
			4-9-4	2,6	2,3	2,0
			4-12-4	2,4	2,1	2,0
			4-15-4	2,2	2,0	2,0
			4-20-4	2,2	2,0	2,0
	O foaie de sticlă acoperită	$\leq 0,2$	4-6-4	2,7	2,3	1,9
			4-9-4	2,3	2,0	1,6
			4-12-4	1,9	1,7	1,5
			4-15-4	1,8	1,6	1,5
			4-20-4	1,8	1,6	1,5
	O foaie de sticlă acoperită	$\leq 0,1$	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-9-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-15-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,3
	O foaie de sticlă acoperită	$\leq 0,05$	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-9-4	2,0	1,6	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-15-4	1,5	1,2	1,1
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
Vitraj triplu	Sticlă neacoperită (sticlă normală)	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-9-4-9-4	2,0	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	2 foi de sticlă acoperită	$\leq 0,4$	4-6-4-6-4	2,0	1,7	1,4
			4-9-4-9-4	1,7	1,5	1,2
			4-12-4-12-4	1,5	1,3	1,1
	2 foi de sticlă acoperită	$\leq 0,2$	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1
			4-9-4-9-4	1,4	1,2	0,9
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8
	2 foi de sticlă acoperită	$\leq 0,1$	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-9-4-9-4	1,3	1,0	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	2 foi de sticlă acoperită	$\leq 0,05$	4-6-4-6-4	1,6	1,3	0,9
			4-9-4-9-4	1,2	0,9	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

I.9.4.6 Transmitanța termică a ferestrelor/ușilor cu obloane

În cazul în care fereastrele/ușile sunt prevăzute cu obloane, acestea introduc o rezistență termică suplimentară rezultată din rezistența termică a straturilor de aer închise între oblon și fereastră/ușă și rezistența termică a oblonului însuși.

Transmitanța termică a ferestrei/ușii cu oblon se calculează cu relația:

$$U_{ws} = \frac{1}{1/U_w + \Delta R} \quad [W/(m^2K)] \quad (9.4.7)$$

unde:

- U_{ws} este transmitanța termică a ferestrei/ușii cu oblon, în $W/(m^2K)$;
 U_w este transmitanța termică a ferestrei/ușii, în $W/(m^2K)$;
 ΔR este rezistența termică suplimentară datorită stratului de aer închis între oblon și fereastră/ușă și a oblonului închis însuși.

Rezistența termică suplimentară dată de prezența unui oblon închis depinde de permeabilitatea la aer a acestuia. Sunt definite 5 categorii de permeabilități la aer ale obloanelor în funcție de rostul total dintre oblon și mediul înconjurător, b_{sh} , conform tabelului 9.4.4 de mai jos.

Lungimea rostului total, b_{sh} se calculează cu relația:

$$b_{sh} = b_1 + b_2 + b_3 \quad (9.4.8)$$

unde b_1, b_2 și b_3 sunt dimensiunile medii ale rosturilor de la partea inferioară, superioară și laterală dinspre oblon (conform fig. 9.4.6).

b_3 se consideră numai pentru una din laturi, deoarece rosturile laterale influențează permeabilitatea mai puțin decât rosturile de la partea superioară și inferioară.

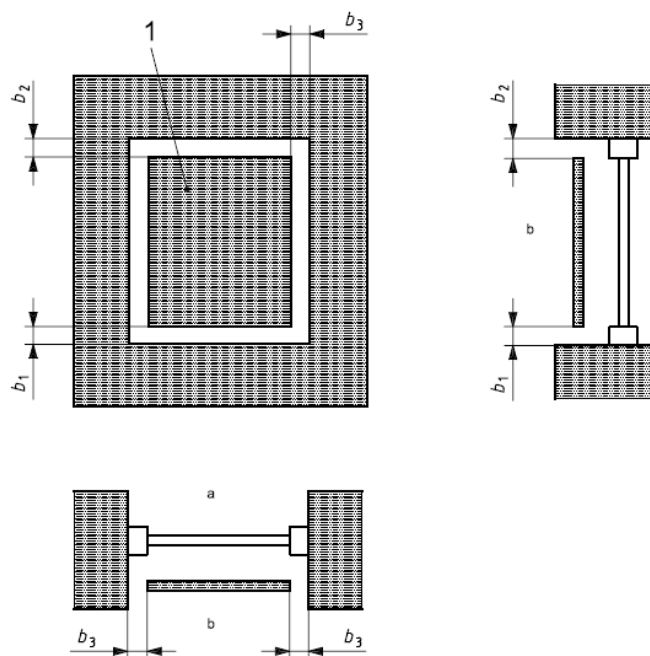


Figura 9.4.6 – Definirea dimensiunii rostului din jurul oblonului

Legenda

1 - oblon

a – interior

b – exterior

Tabelul 9.4.4 - Relații între permeabilitate și rostul total dintre oblon și mediul înconjurător

Clasă	Permeabilitatea oblonului	b_{sh} (mm)
1	Permeabilitate foarte mare	$b_{sh} > 35$
2	Permeabilitate la aer mare	$15 \leq b_{sh} < 35$
3	Permeabilitate la aer medie	$8 \leq b_{sh} < 15$
4	Permeabilitate la aer scăzută	$b_{sh} \leq 8$
5	Impermeabilă	$b_{sh} \leq 3$ și $b_1 + b_3 = 0$ sau $b_2 + b_3 = 0$
NOTA 1 - Pentru clasele de permeabilitate 2 și mai mari, nu trebuie să existe deschideri în interiorul oblonului însuși. NOTA 2 - Obloanele sunt de clasă de permeabilitate 5 dacă sunt îndeplinite următoarele condiții : a) Obloane rulante Rosturile laterale și inferioare sunt considerate egale cu 0 dacă garniturile sub formă de bandă acoperă dispozitivele de ghidare și respectiv rigla finală. Rostul superior este considerat egal cu 0, dacă accesul la cutia oblonului rulant este prevăzut cu garnituri de etanșare tip bordură sau tip perie pe ambele fețe ale perdelei sau dacă capătul perdelei este presat cu un dispozitiv (arc) pe un material de etanșare la suprafața interioară a feței exterioare a cutiei oblonului rulant. b) Alte obloane Existența efectivă a garniturilor sub formă de bandă pe trei părți și pe a patra parte rostul mai mic de 3 mm.		

Rezistențele termice suplimentare date de prezența unui oblon închis pot fi calculate, în funcție de clasa de permeabilitate la aer a oblonului, cu relațiile:

- obloane cu permeabilitate foarte mare la aer:

$$\Delta R = 0,08 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (9.4.9)$$

- obloane cu permeabilitate mare la aer:

$$\Delta R = 0,25 R_{sh} + 0,09 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (9.4.10)$$

- obloane cu permeabilitate medie la aer (de exemplu obloane mobile masive, obloane venețiene din lemn cu voleți suprapuși masivi, obloane rulante din lemn, material plastic sau metal, cu voleți legați):

$$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (9.4.11)$$

- obloane cu permeabilitate scăzută la aer:

$$\Delta R = 0,80 R_{sh} + 0,14 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (9.4.12)$$

- obloane etanșe

$$\Delta R = 0,95 R_{sh} + 0,17 \text{ m}^2\text{K/W} \quad (9.4.13)$$

unde R_{sh} este rezistența termică a oblonului însuși.

Relațiile de mai sus sunt valabile pentru $R_{sh} < 0,3 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$. Dacă nu sunt disponibile valori măsurate sau calculate pentru R_{sh} , pot fi utilizate valorile orientative date în tabelul 9.4.5. Pentru storiurile exterioare sau interioare se utilizează relațiile de mai sus cu $R_{sh} = 0$.

Tabelul 9.4.5 - Rezistența termică suplimentară, ΔR , pentru ferestre/uși cu obloane închise

Tip de oblon	Rezistența termică caracteristică a oblonului R_{sh} , $m^2 \cdot K/W$	Rezistențe termice suplimentare în funcție de permeabilitatea la aer a obloanelor ¹⁾ ΔR $m^2 \cdot K/W$		
		Permeabilitate la aer ridicată	Permeabilitate la aer medie	Permeabilitate la aer scăzută
Obloane rulante din aluminiu	0,01	0,09	0,12	0,15
Obloane rulante din lemn și material plastic fără umplutură spumată	0,10	0,12	0,16	0,22
Obloane rulante de material plastic cu umplutură spumată	0,15	0,13	0,19	0,26
Obloane din lemn cu grosimi de la 25 mm până la 30 mm	0,20	0,14	0,22	0,30

I.9.4.7 Valori orientative pentru rezistența termică și transmitanța termică a unor elemente de construcție vitrate

Pentru elementele vitrate tradiționale, rezistența termică a tâmplăriei exterioare (ferestre și uși vitrate) din lemn, a luminatoarelor și a pereților exteriori vitrați poate fi considerată conform tabelului 9.4.6.

Tabelul 9.4.6 – Rezistențe termice pentru elemente de construcție vitrate

ELEMENTUL DE CONSTRUCȚIE VITRAT	R' $m^2 K/W$	U_w $W/(m^2 K)$
TAMPLĂRIE EXTERIOARĂ DIN LEMN		
- simplă, cu o foaie de geam	0,19	5,26
- simplă, cu un geam termoizolant	0,33	3,03
- simplă, cu două foi de geam la distanță de 2...4 cm	0,31	3,23
- simplă, cu o foaie de geam și un geam termoizolant la distanță de 2...4cm	0,44	2,27
- cuplată, cu două foi de geam la distanță de 2...4 cm	0,39	2,56
- cuplată, cu o foaie de geam și un geam termoizolant la distanță de 2..4cm	0,51	1,96
- dublă, cu două foi de geam la distanță de 8...12 cm	0,43	2,33
- dublă, cu o foaie de geam și un geam termoizolant la distanță de 8...12cm	0,55	1,82
- triplă, cu trei foi de geam	0,57	1,75
- triplă, cu două foi de geam și un geam termoizolant	0,69	1,45
LUMINATOARE		
- cu o foaie de geam	0,18	5,56
- cu un geam termoizolant	0,29	3,45
- cu două foi de geam la distanță de 1 ... 3 cm	0,27	3,70
- din plăci PAS		
· simple	0,18	5,56
· duble	0,34	2,94
PEREȚI EXTERIORI VITRAȚI		
- geam profilat tip U, montat simplu	0,17	5,88
- geam profilat tip U, montat dublu	0,27	3,70
- geam profilat tubular	0,30	3,33
- plăci PAS, montate simplu	0,18	5,56
- plăci presate din sticlă, tip S (Nevada):		
· pereți simpli	0,22	4,55
· pereți dubli	0,42	2,22
- cărămizi presate din sticlă cu goluri, de 80 mm grosime	0,31	3,23
- vitrine cu rame metalice, cu o foaie de geam	0,18	5,56

Pentru tâmplăriile metalice simple, realizate din profile din oțel se pot considera următoarele rezistențe termice :

- 0,17 $\text{m}^2\text{K/W}$ pentru tâmplăria cu o foaie de geam simplu
- 0,28 $\text{m}^2\text{K/W}$, pentru tâmplăria cu un geam termoizolant.

Pentru ferestre moderne, pot fi utilizate valorile orientative date în tabelele 9.4.7 și 9.4.8 de mai jos, în funcție de procentul de arie a ramei, de tipul de vitraj, transmitanța termică a vitrajului și a ramei.

Tabelul 9.4.7 – Transmitanțe termice pentru ferestre, U_w [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$], cu procentul de arie a ramei de 30% din întreaga arie a ferestrei

Tip de vitraj	U_g $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	U_w [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]								
		U_f $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$								
		aria ramei 30%								
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Simplu	5,7	4,3	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1
Dublu	3,3	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	4,4
	3,1	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	4,3
	2,9	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	4,1
	2,7	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	4,0
	2,5	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,9
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,8
	2,1	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,6
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	3,5
	1,7	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1
	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9
Triplu	2,3	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,7
	2,1	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,6
	1,9	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	3,3
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1
	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9
	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,8
	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,6
	0,5	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,5

Tabelul 9.4.8 – Transmitanțe termice pentru ferestre, U_w [W/(m²K)], cu procentul de arie a ramei de 20% din întreaga arie a ferestrei

Tip de vitraj	U_g W/(m ² ·K)	U_w [W/(m ² K)]								
		U_f W/(m ² ·K)								
		aria ramei 20%								
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Simple	5,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9
Dublu	5,3	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0
	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,1	3,2	3,7
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3
	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3,0
	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
Triplu	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,8

I.9.5 Calculul indicatorilor globali:

I.9.5.1 Rezistența termică /transmitanța termică medie a anvelopei clădirii

Rezistența termică corectată medie (R'_m) a unui element de construcție al anvelopei clădirii/ transmitanța termică corectată medie a unui element de construcție al anvelopei clădirii, se calculează cu relația :

$$R'_m = \frac{1}{U'_m} = \frac{\sum A_j}{\sum (A_j \cdot U'_j)} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (9.5.1a)$$

în care :

U'_j transmitanțe termice corectate [W/(m²K)] aferente suprafețelor A_j .

Relația (9.5.1) este valabilă și pentru determinarea rezistențelor termice medii ale unor elemente de construcție alcătuite din două sau din mai multe zone cu alcătuire omogenă; în această situație în relația (9.5.1) în loc de U'_j se introduce transmitanța termică unidirecțională U_j , obținându-se rezistența termică medie $R_m = 1/U_m$.

Rezistența termică corectată medie a anvelopei clădirii (R'_M) / transmitanța termică medie a anvelopei clădirii ($U'_{clădire}$), se calculează cu relația :

$$R'_M = \frac{1}{U'_{clădire}} = \frac{\sum A_k}{\sum (A_k \cdot U'_k)} \quad [m^2K/W] \quad (9.5.1b)$$

Coeficientul de cuplaj termic (L), aferent unui element de construcție se calculează cu relația generală :

$$L_j = A_j \cdot U'_j = \frac{A_j}{R'_j} \quad [W/K] \quad (9.5.2)$$

în care indicele j se poate referi la o suprafață a elementului de construcție, la o încăpăre, la un nivel sau la ansamblul clădirii.

Pentru ansamblul mai multor elemente de construcție, valorile L se pot însuma.

Fluxul termic Φ aferent unui element de construcție se calculează cu relația generală :

$$\Phi = L_j \cdot \Delta\theta \quad [W] \quad (9.5.3)$$

În cazul elementelor de construcție care separa spațiul interior încălzit de un spațiu neîncălzit, în locul valorii $\Delta\theta = \theta_i - \theta_e$ se utilizează diferența de temperatură ($\theta_i - \theta_u$) în care θ_u reprezintă temperatura din spațiul neîncălzit, determinată pe baza unui calcul de bilanț termic.

Pentru ansamblul mai multor elemente de construcție, valorile Φ se pot însuma.

I.9.6 Evaluarea aporturilor solare datorate elementelor de construcție vitrate

Pentru evaluarea aporturilor solare datorate elementelor de construcție vitrate se ia în considerare influența elementelor arhitecturale cu care se realizează sisteme solare pasive și sistemele de protecție solară, cu considerarea condițiilor de amplasament al clădirilor, conform prevederilor din capitolul 7. De asemenea, se ține seama de efectele de umbrire date de vecinătățile naturale și construite etc.

Trebuie avute în vedere și prevederile din capitolul 12, precum și cele din Partea a II-a a Metodologiei.

I.9.6.1 Metodă simplificată de evaluare a aporturilor solare

Aportul de căldură al radiației solare (Q_s) se consideră că se realizează numai prin suprafețele vitrate (ferestre și uși exterioare, prevăzute cu geamuri). Nu se ține seama de aportul de căldură al radiației solare prin suprafețele opace.

Aportul de căldură utilă specific al radiației solare se calculează cu relația:

$$Q_s = 0,40 \cdot \sum_{ij} I_{Gj} \cdot g_i \cdot \frac{A_{Fij}}{A_u} \quad [kWh/m^2 \cdot an] \quad (9.6.1)$$

în care:

Q_s cantitatea de căldură datorată radiației solare, recepționată de o clădire, pe durata sezonului de încălzire, pe un m^3 volum încălzit;

I_{Gj} radiația solară corespunzătoare unei orientări cardinale "j" $[kWh/m^2 \cdot an]$;

- g_i factor de transmisie a energiei solare totale prin geamurile “i” ale tâmplăriei exterioare;
- A_{Fij} aria tâmplăriei exterioare prevăzută cu geamuri clare de tipul “i” și dispusă după orientarea cardinală “j” [m^2];
- A_u aria suprafeței utile, încălzite – direct sau îndirect – a clădirii, [m^2].

Radiația solară disponibilă se determină cu relația:

$$I_{Gj} = \frac{24}{1000} D_{12} \cdot I_{Tj} \quad [kWh/(m^2 \cdot an)] \quad (9.6.2)$$

în care:

- D_{12} durata convențională a perioadei de încălzire, corespunzătoare temperaturii exterioare care marchează începerea și oprirea încălzirii $\theta_{eo}=+12^\circ C$ [zile];
- I_{Tj} intensitatea radiației solare totale, cu valori în funcție de orientarea cardinală “j” și de localitatea în care este amplasată clădirea [W/m^2].

Duratele convenționale ale perioadei de încălzire D_{12} , valorile medii ale intensității radiației solare totale (I_{Tj}), pe un plan vertical cu orientarea “j”, precum și pe un plan orizontal se vor considera utilizând valorile prevăzute în reglementările tehnice în vigoare, precum și tabelelor din Anexa 9.6. Pentru clădiri amplasate în localități care nu sunt cuprinse în tabele, valorile intensităților radiației solare totale I_{Gj} se pot determina prin medierea valorilor corespunzătoare pentru cele mai apropiate 3 localități.

Suprafețele având o înclinare față de orizontală, egală sau mai mare de 30° vor fi considerate suprafețe verticale, iar cele cu o înclinare mai mică de 30° - suprafețe orizontale.

Orientarea “j” este definită de direcția pe care o are o dreaptă perpendiculară pe suprafața geamului, în cadrul sectoarelor care delimitează, cu o abatere de $\pm 22,5^\circ$, direcțiile cardinale N, NE, E, SE, S, SV, V și NV. În pozițiile limită dintre sectoare, se va considera valoarea cea mai mică dintre cele 2 valori I_{Tj} adiacente.

Factorul de transmisie a energiei solare totale (g_i) prin geamurile clare ale tâmplăriei exterioare se va considera astfel:

- geamuri duble (2 geamuri simple, sau un geam termoizolant dublu) $g = 0,75$
- geamuri triple (3 geamuri simple, sau un geam simplu + un geam termoizolant dublu, sau un geam termoizolant triplu) $g = 0,65$
- geam termoizolant dublu, având o suprafață tratată cu un strat reflectant al razelor infraroșii $g = 0,50$
- geamuri triple (un geam simplu + un geam termoizolant dublu sau un geam termoizolant triplu), având o suprafață tratată cu un strat reflectant al razelor infraroșii..... $g = 0,45$
- geam termoizolant triplu, având 2 suprafețe tratate cu straturi reflectante ale razelor infraroșii..... $g = 0,40$

La tâmplăriile cu suprafețele înclinate, în calcule se vor considera ariile lor nominale, măsurate în planul lor.

La tâmplăriile exterioare la care aria liberă a geamurilor (A_g) este mai mică decât 60 % din aria tâmplăriei respective (A_F), aria acesteia se va considera în calcule:

$$A_F = 1,5 A_g \quad [m^2] \quad (9.6.3)$$

Dacă aria tâmplăriei exterioare (A_{Fj}) este mai mare decât dublul ariei părții opace (A_{pj}) a respectivului perete, aria tâmplăriei exterioare care se va considera în calcule, se va limita la valoarea:

$$A_{Fj} = \frac{2}{3} (A_{Fj} + A_{Pj}) \quad [m^2] \quad (9.6.4)$$

Aportul de căldură solară Q_s nu se va considera în calcule la determinarea necesarului anual de căldură la clădirile industriale de producție încălzite la o temperatură interioară medie mai mică de 18°C ($\theta_i < 18^\circ\text{C}$).

Pentru a se ține seama de prevederea unor dispozitive de protecție solară se vor avea în vedere prevederile de la 9.4.

1.9.7 Evaluarea pierderilor termice cauzate de permeabilitatea la aer a anvelopei clădirii

Pierderile termice cauzate de permeabilitatea la aer a anvelopei clădirii (document recomandat SR EN ISO 13790:2004) sunt exprimate prin coeficientul de pierderi termice datorate împrăștiării aerului/prin ventilare, calculat cu relația:

$$H_v = \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V} \quad (9.7.1)$$

în care:

H_v este coeficientul de pierderi termice datorate împrăștiării aerului/prin ventilare, în W/K;

$\rho_a \cdot c_a$ este capacitatea termică volumică; $\rho_a \cdot c_a = 1200 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$ sau $\rho_a \cdot c_a = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$;

$\dot{V}$ este debitul mediu volumic de aer proaspăt, în m^3/s sau m^3/h .

sau cu relația:

$$H_v = \rho_a \cdot c_a \cdot n_a \cdot V \quad (9.7.2)$$

în care:

$\rho_a \cdot c_a$ este capacitatea termică volumică; $\rho_a \cdot c_a = 1200 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$ sau $\rho_a \cdot c_a = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$;

n_a este numărul mediu de schimburi de aer pe oră, în h^{-1} ;

V este volumul încălzit, în m^3 .

Pentru clădirile de locuit și asimilate acestora, numărul mediu de schimburi de aer pe oră poate fi evaluat, în funcție de:

- categoria de clădire;
- clasa de adăpostire a clădirii;
- clasa de permeabilitate la aer a clădirii,

utilizând datele din tabelul 9.7.1.

Tabelul 9.7.1 – Numărul de schimburi de aer, n_a , pentru clădiri de locuit și asimilate acestora

Categorია clădirii		Clasa de adăpostire	Clasa de permeabilitate la aer		
			ridicată	medie	scăzută
Clădiri individuale (case unifamiliale, cuplate sau însiruite ș.a.)		neadăpostite	1,5	0,8	0,5
		moderat adăpostite	1,1	0,6	0,5
		adăpostite	0,7	0,5	0,5
Clădiri cu mai multe apartamente, cămine, internate, ș.a.	dublă expunere	neadăpostite	1,2	0,7	0,5
		moderat adăpostite	0,9	0,6	0,5
		adăpostite	0,6	0,5	0,5
	simplă expunere	neadăpostite	1,0	0,6	0,5
		moderat adăpostite	0,7	0,5	0,5
		adăpostite	0,5	0,5	0,5

Încadrarea clădirilor în clasele de adăpostire se face conform tabelului 9.7.2.

Tabelul 9.7.2 – Încadrarea clădirilor în clasa de adăpostire

Clasa de adăpostire	Tip de clădire
neadăpostite	clădiri foarte înalte, clădiri la periferia orașelor și în piețe, clădiri la șes
moderat adăpostite	clădiri în interiorul orașelor, cu minim 3 clădiri în apropiere, clădiri la șes protejate de arbori
adăpostite	clădiri din centrul orașelor, clădiri în păduri

Încadrarea clădirilor în clasele de permeabilitate la aer se face conform tabelului 9.7.3

Tabelului 9.7.3 - Încadrarea clădirilor în clasele de permeabilitate la aer

Clasa de permeabilitate la aer	Tip de clădire
ridicată	clădiri cu tâmplărie exterioară fără măsuri de etanșare
medie	clădiri cu tâmplărie exterioară cu garnituri de etanșare
scăzută	clădiri cu ventilare controlată și cu tâmplărie exterioară cu măsuri speciale de etanșare

Numărul de schimburi de aer poate fi determinat și în funcție de tipul și starea ferestrelor/ușilor și lungimea rosturilor ferestrelor și ușilor exterioare (document recomandat STAS 1907-1/97). În acest caz pot fi utilizate următoarele valori pentru coeficientul de infiltrație prin rosturi:

$i_1 = 0,04$ – pentru ferestre și uși în stare bună, cu etanșare specială;

$i_2 = 0,14$ – pentru ferestre și uși în stare bună dar fără etanșare specială;

$i_3 = 0,20$ – pentru ferestre și uși în stare deterioară (neetanșare),

rezultând următoarele relații pentru calculul numărului de schimburi de aer:

$$n_{a_1} = 0,52 \cdot \frac{V}{L} \quad (\text{h}^{-1}) \quad (9.7.3)$$

$$n_{a_2} = 1,82 \cdot \frac{V}{L} \quad (\text{h}^{-1}) \quad (9.7.4)$$

$$n_{a_3} = 2,60 \cdot \frac{V}{L} \quad (\text{h}^{-1}) \quad (9.7.5)$$

în care:

L este lungimea rosturilor, în m;

V este volumul încălzit, în m^3 .

Dacă, din calcule, va rezulta o valoare $n_a \leq 0,5 \text{ h}^{-1}$, se va considera un număr de 0,5 schimburi de aer pe oră.

De exemplu:

Dacă $V = 50 \text{ m}^3$ și $L = 16 \text{ m}$, rezultă:

$$n_{a_1} = 0,17 \text{ (h}^{-1}\text{)} - \text{se va considera } n_{a_1} = 0,5 \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

$$n_{a_2} = 0,58 \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

$$n_{a_3} = 0,83 \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

I.9.8 Determinarea ratei de ventilare a unui spațiu ocupat, cu condiția de menținere a confortului fiziologic

Condiția de menținere a confortului fiziologic este ca valorile concentrațiilor aparținând CO₂ și vaporilor de apă să nu depășească valorile (document recomandat NP 008-97):

- 1600 mg/m³ (cca. 0,05%) pentru CO₂;
- 15.400 mg/m³, în regim de vară, respectiv 9.450 mg/m³ în regim de iarnă, pentru conținutul de vaporii de apă în aer.

Verificarea valorii ratei de ventilare necesară, exprimată prin numărul necesar de schimburi de aer între interior și exterior se face cu relațiile:

$$C_{ex} + C_0 \cdot \exp(-n_a t_f) + \frac{N_{pers} \cdot g}{n_a \cdot V_a \cdot \rho_a} [1 - \exp(-n_a \cdot t_f)] = C_{max} \quad (9.7.6)$$

în care:

- C_0 – concentrația de noxe minimă ca urmare a ventilării naturale a incintei;
- C_{ex} – concentrația de noxe caracteristică mediului exterior natural;
- C_{max} – concentrația maximă de noxe din spațiu ocupat, la finele intervalului de timp t_f ;
- C_L – concentrația de noxe maxim admisă în spațiul ocupat, document recomandat NP 008-97;
- N_{pers} – numărul de persoane din incintă;
- g – debitul de noxe degajat de o persoană;
- V_a – volumul de aer din incintă, în m³;
- n_a – rata de ventilare, în s⁻¹;
- t_f – timpul la care se încheie activitatea din spațiul ocupat, în s;
- ρ_a – densitatea aerului, în kg/m³.

$$C_{max} \leq C_L \quad (9.7.7)$$

În cazul unor activități organizate care se desfășoară în timp finit este necesar ca la momentul t_f (de încheiere a activităților) și să se respecte inegalitatea din relația (9.7.7). Este cazul în special al spațiilor în care se desfășoară activități didactice, iar t_f este reprezentat de durata orei de curs.

În cazul ventilării spațiului cu un debit constant de aer proaspăt, rata de ventilare minimă admisă se determină cu relația:

$$n_a = \frac{N_{pers} \cdot g}{(C_L - C_{ex}) \cdot V_a \cdot \rho_a} \quad [s^{-1}] \quad (9.7.8)$$

I.9.9 Verificarea riscului de condens superficial și din interiorul elementelor opace de anvelopă

Verificarea elementelor de construcție componente ale anvelopei clădirii la riscul de condens superficial și interstițial este obligatorie în etapa de audit energetic în care se face analiza soluțiilor de îmbunătățire a performanței termo-energetice a clădirii, pentru fiecare soluție selectată. (documente recomandate: SR EN 13788: "Performanța higrotermică a componentelor și elementelor de construcție – Temperatură superficială interioară pentru evitarea umidității superficiale critice și condensului interior – Metodă de calcul" - atunci când sunt disponibile date climatice medii lunare (temperaturi și umidități relative)).

I.10 Stabilirea prin calcul a parametrilor de performanță termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul.

Document recomandat: *SR EN ISO 13370: “Performanța termică a clădirilor – Transferul termic prin sol – Metode de calcul.”*

Documentul recomandat SR EN ISO 13789, acceptă, pentru elementele de construcție în contact cu solul, ipoteza utilizării condițiilor de calcul în regim termic staționar.

Pentru realizarea unui calcul considerând regimul termic nestaționar se ține seama de prevederile de la 10.1.

Pentru calculul numeric se pot utiliza prevederile din Anexa 9.3.

I.10.1 Parametri de performanță termică a elementelor de anvelopă în contact cu solul și temperaturi ale spațiilor subzonelor secundare ale clădirilor

Spațiile ocupate și spațiile neocupate ale căror elemente de construcție perimetrale sunt amplasate sub CTS sunt caracterizate de flux termic disipat către mediul natural exterior sau de flux termic recepționat dinspre mediul natural exterior prin intermediul solului și al straturilor de material care constituie elementele perimetrale amplasate sub CTS. Influența unor spații aflate în apropiere, caracterizate de temperaturi diferite de cele ale mediului exterior natural poate fi neglijată. Capacitatea termică semnificativă a solului asociată variației aleatoare a principalilor parametri climatici cu pondere importantă în bilanțul termic al spațiilor ocupate și neocupate din clădiri, determină caracterul puternic nestaționar al transferului de căldură care generează atât fluxurile termice cât și nivelul de temperatură din spațiile construite.

Relațiile de bilanț termic utilizează temperaturi exterioare modificate care includ efectele defazajului și amortizării undelor termice caracteristice elementelor de construcție cu masivitate foarte ridicată. (în cazul de față solul este asimilat unui material de construcție).

În toate cazurile se determină fluxurile termice generate de transferul de căldură dintre spațiile construite ocupate sau neocupate și aerul exterior, precum și fluxurile termice generate de prezența pânzei de apă freatică din sol.

Se au în vedere următoarele cazuri:

1. Spațiu (ocupat sau neocupat) caracterizat de temperatura θ_s (constantă sau variabilă în funcție de bilanțul termic al spațiului), caracterizat de pereți verticali neizolați termic adiacenți solului cu înălțimea h_s sub CTS (cota terenului sistematizat), precum și de pardoseală neizolată termic;
2. Caz similar cu cel anterior cu deosebirea faptului că atât pereții verticali cât și pardoseala sunt termoizolați;
3. Combinații între situațiile specifice cazurilor 1 și 2 cu referire la starea pereților verticali și a pardoselii din punct de vedere al dotării cu izolație termică;
4. Clădire plasată pe un soclu cu înălțimea h_{sc} deasupra CTS, cu subcazurile:
 - 4.1 Soclul fără termoizolare și pardoseala clădirii neizolată termic;
 - 4.2 Soclul și pardoseala izolate termic;
 - 4.3 Combinații între starea soclului și pardoselii din punct de vedere al dotării cu izolație termică.

Relațiile pentru determinarea fluxului termic la nivelul elementelor de construcție perimetrale menționate, în cazul incintelor subterane, sunt:

$$Q_{ve_k} = A_{lat} \left[(a_1 h_s^2 + a_2 h_s + a_3) \cdot \theta_s + b_{1k} h_s^2 + b_{2k} h_s + b_{3k} \right] \quad (10.1)$$

$$Q_{pard,e_k} = A_{pard} \left[(c_1 h_s^2 + c_2 h_s + c_3) \cdot \theta_s + d_{1k} h_s^3 + d_{2k} h_s^2 + d_{3k} h_s + b_{4k} \right] \quad (10.2)$$

$$Q_{f_k} = A_{lat} \frac{\theta_s - \theta_a}{f_2 h_s} \cdot \ln \left(1 + \frac{f_2}{f_1} h_s \right) + A_{pard} \frac{\theta_s - \theta_a}{f_1} \quad (10.3)$$

în care:

- θ_s - temperatura interioară constantă sau variabilă a spațiului ocupat sau neocupat, în $^{\circ}\text{C}$;
- θ_a - temperatura pânzei de apă freatică, egală cu temperatura exterioară medie anuală a localității în care este amplasată clădirea, în $^{\circ}\text{C}$;
- h_s - adâncimea la care se află amplasată pardoseala, sub CTS, în m;
- h_a - adâncimea pânzei de apă freatică, sub CTS, în m;
- A_{lat} - suprafața laterală a elementelor de construcție verticale amplasate sub CTS, în m^2 ;
- A_{pard} - suprafața pardoselii, în m^2 .

$$f_1 = 0,17 + 2,2\delta_{iz} + \frac{h_a - h_s}{\lambda_s} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$f_2 = 0,50 \frac{\pi}{\lambda_s} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

- δ_{iz} - simbolul Weierstass-Kronecker;
- $\delta_{iz} = 1$ - element dotat cu izolație termică
- $\delta_{iz} = 0$ - element fără izolație termică
- conductivitatea termică a solului (considerat mediu izotrop), în $\text{W}/(\text{mK})$.

Coeficienții $a_1, a_2, a_3, c_1, c_2, c_3$ se prezintă în tabelele A.10.1.1.a și A.10.1.1.b (Anexa A.10.1) iar coeficienții $b_{1k}, b_{2k}, b_{3k}, d_{1k}, d_{2k}, d_{3k}$ și d_{4k} se prezintă în tabelele A.10.1.2.a și A.10.1.2.b (Anexa A.10.1) cu valori distincte pentru fiecare lună a anului caracterizată de indicativul (k).

Relațiile pentru determinarea fluxului termic la nivelul soclului clădirilor amplasate la înălțimea h_{sc} față de CTS și a fluxului termic la nivelul pardoselii, sunt următoarele:

$$Q_{sc_k} = A_{lat_{sc}} \left[(a_1 h_{sc}^2 + a_2 h_{sc} + a_3) \cdot \theta_s + b_{1k} h_{sc}^2 + b_{2k} h_{sc} + b_{3k} \right] \quad (10.4)$$

$$Q_{pard,sc,e_k} = (A_{pard} - A_{lat,sc} + 4h_{sc}^2) \cdot \left[(c_1 h_{sc}^2 + c_2 h_{sc} + c_3) \cdot \theta_s + d_{1k} h_{sc}^3 + d_{2k} h_{sc}^2 + d_{3k} h_{sc} + b_{4k} \right] \quad (10.5)$$

$$Q_{pard,sc,f} = A_{pard} \frac{\theta_s - \theta_a}{f_1} \quad (10.6)$$

Relațiile (10.1) ... (10.6) determină:

- Q_{ve_k} - fluxul termic mediu disipat/pătruns către/dinspre mediul exterior natural prin pereți verticali subterani, în luna k , în W;
- Q_{pard,e_k} - fluxul termic mediu disipat/pătruns către/dinspre mediul exterior natural prin pardoseala incintei, în luna k , în W;
- Q_{f_k} - fluxul termic disipat către pânza de apă freatică, în W;
- Q_{sc_k} - fluxul termic mediu disipat/pătruns către/dinspre mediul exterior prin soclul clădirii, în luna k , în W;
- $Q_{pard,sc,f}$ - fluxul termic disipat către pânza de apă freatică, în W;
- sc - indice cu semnificația de "soclul"

Pe baza relațiilor (10.1) ... (10.6) se determină parametrii termodinamici și mărimile geometrice și termice care intră în bilanțul termic global al spațiilor subterane. Rezultă:

$$\bar{R}_e = \frac{\frac{A_{lat} + A_{pard}}{\frac{A_{lat}}{R_{ve}} + \frac{A_{pard}}{R_{pde}}}}{\quad} \quad (10.7)$$

$$\bar{\theta}_{eR_k} = \frac{\frac{A_{lat}}{R_{ve}} \theta_{ev_k} + \frac{A_{pard}}{R_{pde}} \theta_{pd_k}}{\frac{A_{lat} + A_{pard}}{\bar{R}_e}} \quad (10.8)$$

în care:

$$R_{ve} = (a_1 h_s^2 + a_2 h_s + a_3)^{-1} \quad (10.9)$$

$$R_{pde} = (c_1 h_s^2 + c_2 h_s + c_3)^{-1} \quad (10.10)$$

$$\theta_{ev_k} = -R_{ve} (b_{1k} h_s^2 + b_{2k} h_s + b_{3k}) \quad (10.11)$$

$$\theta_{pd_k} = -R_{pde} (d_{1k} h_s^3 + d_{2k} h_s^2 + d_{3k} h_s + d_{4k}) \quad (10.12)$$

$$\bar{R}_f = \frac{\frac{A_{lat} + A_{pard}}{\frac{A_{lat}}{R_{vf}} + \frac{A_{pard}}{R_{pdf}}}}{\quad} \quad (10.13)$$

în care:

$$R_{vf} = \frac{f_2 h_s}{\ln \left(1 + \frac{f_2}{f_1} h_s \right)} \quad (10.14)$$

$$R_{pdf} = f_1 \quad (10.15)$$

Relațiile pentru determinarea fluxurilor termice, în cazul incintelor subterane devin:

$$Q_{e_k} = \frac{A_{lat} + A_{pard}}{\bar{R}_e} (\theta_s - \bar{\theta}_{eR_k}) \quad (10.16)$$

$$Q_{f_k} = \frac{A_{lat} + A_{pard}}{\bar{R}_f} (\theta_s - \theta_a) \quad (10.17)$$

În cazul clădirii amplasate pe un soclu de pământ, rezultă:

$$\bar{R}_{esc} = \frac{\frac{A_{pard} + 4h_{sc}^2}{\frac{A_{lat}}{R_{esc}} + \frac{A_{pard} - A_{lat} + 4h_{sc}^2}{R_{pdsc}}}}{\quad} \quad (10.18)$$

$$\bar{\theta}_{esc_k} = \frac{\frac{A_{lat}}{R_{esc}} \theta_{esc_k} + \frac{A_{pard} - A_{lat} + 4h_{sc}^2}{R_{pdsc}} \theta_{pdsc_k}}{\frac{A_{lat}}{R_{esc}} + \frac{A_{pard} - A_{lat} + 4h_{sc}^2}{R_{pdsc}}} \quad (10.19)$$

în care:

$$R_{esc} = (a_1 h_{sc}^2 + a_2 h_{sc} + a_3)^{-1} \quad (10.20)$$

$$R_{pdsc} = (c_1 h_{sc}^2 + c_2 h_{sc} + c_3)^{-1} \quad (10.21)$$

$$\theta_{esc_k} = -R_{esc} (b_{1k} h_{sc}^2 + b_{2k} h_{sc} + b_{3k}) \quad (10.22)$$

$$\theta_{pdsc_k} = -R_{pdsc} (d_{1k} h_{sc}^3 + d_{2k} h_{sc}^2 + d_{3k} h_{sc} + d_{4k}) \quad (10.23)$$

$$R_{psc} = f_1 \quad (10.24)$$

Fluxurile termice se determină cu relațiile:

$$Q_{sce} = \frac{A_{pard} + 4h_{sc}^2}{\bar{R}_{esc}} (\theta_s - \bar{\theta}_{esc_k}) \quad (10.25)$$

$$Q_{fsc_k} = \frac{A_{pard}}{R_{fsc}} (\theta_s - \theta_a) \quad (10.26)$$

În relațiile de calcul specifice incintelor subterane, A_{lat} se referă la pereți verticali aflați în imediata apropiere a mediului exterior natural.

Valoarea $h_s \leq 2,8$ m.

Temperaturile spațiilor θ_s pot fi cunoscute din condițiile de confort termic și fiziologic, caz în care:

$$\theta_s = \theta_{i_o};$$

θ_{i_o} - temperatura interioară convențională de calcul, document recomandat: SR 1907/2, în funcție de tipul de incintă sau variază în funcție de bilanțul termic al spațiilor, caz în care:

$$\theta_s = \theta_{s_k}$$

Temperaturile spațiilor neocupate variază în funcție de variația parametrilor climatici exteriori și în funcție de fluxurile termice caracteristice echipamentelor precum și elementelor de construcție adiacente spațiilor neocupate. Se disting următoarele cazuri:

1. Subsolul neîncălzit ocupă în totalitate spațiul de sub planșeul spațiilor ocupate.

Ecuția de bilanț termic care este o ecuație algebrică liniară având ca necunoscută temperatura θ_{s_k} , este următoarea:

$$\frac{A_{PL}}{R_{PL}} (\theta_{i_o} - \theta_{s_k}) + 2\pi A \delta_a (\theta_{apa} - \theta_{s_k}) - Q_{e_k} - Q_{f_k} - 0,33 n_{asb} V_{sb} (\theta_{s_k} - \theta_{e_k}) - \frac{A_{Pesb}}{R_{Pesb}} (\theta_{s_k} - \theta_{e_k}) = 0 \quad (10.27)$$

în care fluxurile termice Q_{e_k} și Q_{f_k} se explicitează sub forma relațiilor (10.16) și (10.17). Celelalte notații au următoarea semnificație:

- A_{PL} - suprafața de transfer de căldură a planșeului adiacent spațiilor ocupate sau neocupate adiacente, în m^2 ;
 A_{Pesb} - suprafața de transfer de căldură prin elementele de construcție suprateerane ale subsolului, în m^2 ;
 R_{PL} - rezistența termică a planșeului, în m^2K/W ;
 R_{Pesb} - rezistența termică a elementelor de construcție suprateerane ale subsolului, în m^2K/W ;
 δ_a - simbolul Weierstrass-Kronecker

$\delta_a = 1$ - subsol cu instalații termice

$\delta_a = 0$ - subsol fără instalații termice

- A - coeficient de transfer de căldură caracteristic echipamentelor termice din subsol determinat cu relația:

$$A = \sum_j \frac{L_j}{\frac{1}{\lambda_{iz}} \ln \left(1 + 2 \frac{\delta_{izj}}{d_{c_j}} \right) + \frac{0,33}{d_{e_j}}}$$

- L_j - lungimea tronsoanelor “j”, în m;
 d_{e_j} - diametrul exterior al tronsonului “j” (inclusiv termoizolația), în m;
 d_{c_j} - diametrul conductei “j” netermoizolată, în m;
 δ_{izj} - grosimea termoizolației aferentă tronsonului “j”, în m;
 λ_{iz} - conductivitatea termică a izolației, în $W/(mK)$;
 θ_{apa} - temperatura apei vehiculată prin instalațiile termice din subsol, determinată în funcție de temperatura exterioară medie lunară specifică localității în care se află clădirea:

$$\theta_{apa} = 0,50(45 + m \cdot \theta_e + n)$$

Coeficienții “m” și “n” se determină în funcție de zona climatică de iarnă în care se află localitatea, conform tabelului 10.1.

Tabelul 10.1 – Valorile coeficienților “m” și “n”

Zona climatică	m	n
I	-1,067	52,67
II	-1,034	51,33
II	-0,934	49,33
IV	-0,934	49,33

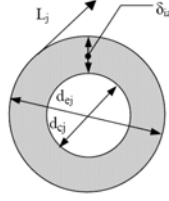


Figura 10.1 Dimensiunile unei conducte din instalații termice care traversează subsolul tehnic

2. Subsolul neîncălzit ocupă parțial spațiul de sub planșeul parterului.

Se utilizează ecuația (10.27) în care se modifică A_{PL} prin adăugarea suprafeței adiacente unui spațiu ocupat parțial amplasat sub cota CTS. Transferul de căldură prin pardoseala acestui spațiu către subsolul neocupat se neglijează.

3. Subsolul este încălzit la temperatura θ_{i_o} .

În acest caz fluxurile termice disipate către mediul exterior natural se determină cu relațiile (10.16) și (10.17) în care $\theta_s = \theta_{i_o}$.

Fluxurile termice disipate dinspre spațiul ocupat al unei clădiri amplasate pe sol la cota h_{sc} deasupra CTS se determină cu relațiile (10.25) și (10.26). Valoarea $h_{sc} \geq 0$.

Se face mențiunea că în toate cazurile:

$Q > 0$ semnifică flux termic disipat

$Q < 0$ semnifică flux termic pătruns.

În cazul în care subsolul neocupat se învecinează cu un spațiu a cărui temperatură este necunoscută, determinarea temperaturilor ambelor spații se face prin rezolvarea sistemului de ecuații de bilanț termic liniare caracteristice fiecărui spațiu în parte. O soluție simplificată este prezentată pentru cazul a trei clase de spații neocupate (de exemplu subsol, casa scărilor și pod).

1. Ecuația de bilanț termic a subsolului este ecuația (10.27) care include un termen suplimentar datorat transferului de căldură dintre subsol și spațiul neocupat adiacent subsolului și spațiilor ocupate. Rezultă ecuația:

$$\frac{A_{PL}}{R_{PL}}(\theta_{i_o} - \theta_{s_k}) + \frac{A_{s_1}}{R_{s_1}}[E_1\theta_{i_o} + (E_2 - 1)\theta_{s_k} + E_3] + 2\pi A\delta_a(\theta_{apa} - \theta_{s_k}) - Q_{e_k} - Q_{f_k} - 0,33n_{asb}V_{sb} \cdot (\theta_{s_k} - \theta_{e_k}) - \frac{A_{Pesb}}{R_{Pesb}}(\theta_{s_k} - \theta_{e_k}) = 0 \quad (10.28)$$

care se rezolvă în raport cu temperatura θ_{s_k} .

S-a notat:

- A_{s_1} - suprafața de transfer de căldură dintre spațiul neocupat 1 și spațiul subsolului neocupat, în m^2 ;
- R_{s_1} - rezistența termică a elementelor de construcție care sunt adiacente atât subsolului cât și spațiului 1, în m^2K/W .

2. Temperatura spațiului 1 neocupat se determină cu relația:

$$\theta_{1_k} = E_1 \theta_{i_o} + E_2 \theta_{s_k} + E_3 \quad (10.29)$$

3. Temperatura celui de al doilea spațiu neocupat, 2, se determină cu relația:

$$\theta_{2_k} = B_2 \theta_{i_o} + B_3 \theta_{s_k} + B_4 \quad (10.30)$$

Coefficienții B și E sunt conținuți în Anexa A.10.2.

În Anexa A.10.3 se prezintă succesiunea etapelor de calcul privind transferul de căldură prin sol și cel caracteristic spațiilor neocupate învecinate cu solul.

Pentru calcule economice aferente realizării auditului energetic al clădirilor existente se va considera grosimea izolației termice aferente subsolului (pereți/pardoseală) de 0,10 m echivalent polistiren expandat.

I.11 Cerințe de performanță și niveluri de performanță termică, energetică și de permeabilitate la aer, pentru elementele anvelopei clădirilor și pentru ansamblul acesteia

Se prevăd valori, diferențiate pe de o parte pentru diferite tipuri de clădiri, pe de altă parte pentru clădiri noi și pentru cele existente care se reabilitează/modernizează, pentru următoarele cerințe de performanță (condiții tehnice de performanță):

- rezistențe termice corectate minime admisibile / normate / de referință - din condiții de igienă și confort termic în spațiile locuite/ocupate ; transmitanțe termice corectate maxime admisibile / normate / de referință - din condiții de igienă și confort termic în spațiile locuite/ocupate;
- rezistențe termice corectate minime admisibile / normate / de referință - din condiții de economie de energie, transmitanțe termice corectate maxime admisibile / normate / de referință - din condiții de economie de energie,
- temperaturi superficiale minime pentru evitarea riscului de condens pe suprafața interioară a elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirilor,
- debite minime de aer proaspăt etc.

Rezistențele termice, pentru clădirile noi, sunt normate astfel:

- pe considerente de confort higrotermic, în mod indirect, prin limitarea diferențelor de temperaturi între temperatura aerului interior și temperatura superficială interioară, medie, aferentă fiecărei încăperi în parte și fiecărui tip de element de construcție:

$$\Delta \theta_{\text{imax}} = \theta_i - \theta_{\text{si m}} \quad [\text{K}] \quad (11.1)$$
- pe considerente termoeconomice, în mod direct, prin stabilirea unor valori minime R'_{min} ale rezistențelor termice corectate, medii pe clădire, pentru fiecare tip de element de construcție.

I.11.1 Rezistența termică, necesară din considerente de confort higrotermic, se calculează, cu relația:

$$R'_{\text{nec}} = \frac{\Delta \theta}{\alpha_i \cdot \Delta \theta_{\text{imax}}} \quad [\text{m}^2 \text{K/W}] \quad (11.2)$$

în care :

$\Delta \theta_{i \max}$ diferența maximă de temperatură, admisă între temperatura interioară și temperatura medie a suprafeței interioare $\Delta \theta_{i \max} = \theta_i - \theta_{s_{im}}$

Valorile $\Delta \theta_{i \max}$ se dau în tabelul 11.1, în funcție de destinația clădirii și de tipul elementului de construcție.

La elementele de construcție care separă încăperea considerată de un spațiu neîncălzit, în loc de valoarea $\Delta \theta = \theta_i - \theta_e$, în relația (11.2) se introduce diferența de temperatură $(\theta_i - \theta_u)$, în care θ_u reprezintă temperatura în spațiul neîncălzit, determinată pe baza unui calcul de bilanț termic.

La elementele de construcție care separă încăperea considerată de un spațiu mai puțin încălzit, în loc de valoarea $\Delta \theta$, în relația (11.2) se introduce diferența dintre cele două temperaturi interioare convenționale de calcul. Relația (11.2) nu se aplică la suprafețele vitrate.

Rezistențele termice corectate R' ale tuturor elementelor de construcție ale clădirilor, calculate pentru fiecare încăpere în parte, trebuie să fie mai mari decât rezistențele termice necesare :

$$R' \geq R'_{nec} \quad [m^2K/W] \quad (11.3)$$

Condiția (11.3) se aplică și la elementele de construcție adiacente rosturilor închise, izolate față de mediul exterior, la verificarea termotehnică a elementelor de construcție interioare, spre încăperile neîncălzite sau mai puțin încălzite, precum și la clădirile încălzite cu sobe.

La elementele de construcție ale încăperilor în care staționarea oamenilor este de scurtă durată (de exemplu casa scării, holurile de intrare în clădirile de locuit, ș.a.) valorile $\Delta \theta_{i \max}$ din tabelul 11.1 se măresc cu 1 K.

Pentru încăperile clădirilor de producție cu degajări importante de căldură, valoarea $\Delta \theta_{i \max}$ nu se normează, dacă este îndeplinită una din următoarele condiții :

- degajările de căldură depășesc cu cel puțin 50 % necesarul de căldură de calcul ;
- densitatea fluxului termic degajat este de cel puțin 23 W/m² de element de construcție ;
- suprafața interioară a elementului de construcție este supusă unui flux radiant permanent sau este spălată de aer uscat și cald.

Rezistențele termice ale elementelor de construcție vitrate trebuie să fie mai mari decât valorile R'_{nec} din tabelul 11.2.

Pentru elementele de construcție ușoare - cu excepția suprafețelor vitrate - sunt valabile valorile R'_{nec} de mai jos, prin care se urmărește a se compensa inerția (exprimată prin greutate) redusă, prin rezistențe termice sporite :

pentru 20 kg/m ²	$R'_{nec} = 2,50 \text{ m}^2K/W$
pentru 50 kg/m ²	$R'_{nec} = 2,00 \text{ m}^2K/W$
pentru 100 kg/m ²	$R'_{nec} = 1,80 \text{ m}^2K/W$
pentru 150 kg/m ²	$R'_{nec} = 1,60 \text{ m}^2K/W$

Transmitanța termică corectată din considerente igienico-sanitare reprezintă inversul rezistenței termice, necesară din considerente igienico-sanitare:

$$U'_{nec} = \frac{1}{R'_{nec}} \quad [W/(m^2K)] \quad (11.4)$$

Trebuie respectată condiția :

$$U' \leq U'_{nec} \quad [W/(m^2K)] \quad (11.5)$$

Tabelul 11.1
Valori normate $\Delta \theta_{i \max}$

Grupa clădirii	Destinația clădirii	φ_i (%)	$\Delta \theta_{i \max}$ [K]		
			Pereți	Tavane	Pardoseli
I	- Clădiri de locuit, cămine, internate - Spitale, policlinici, ș. a. - Creșe, grădinițe - Școli, licee, ș.a.	60	4,0	3,0	2,0
II	Alte clădiri social - culturale, cu regim normal de umiditate	50	4,5	3,5	2,5
III	- Clădiri sociale cu regim ridicat de umiditate - Clădiri de producție cu regim normal de umiditate	60	6,0	4,5	3,0
IV	Clădiri de producție cu regim ridicat de umiditate *)	≤ 75	$\Delta \theta_r$	$0,8 \cdot \Delta \theta_r$	3,5

*) $\Delta \theta_r = \theta_i - \theta_r$

Tabelul 11.2
Rezistențe termice necesare pentru elementele de construcție vitrate

Grupa clădirii	R'_{nec} [m ² K/W]		
	Tâmplăria exterioară	Luminatoare	Pereți exteriori vitrați
I	0,39	0,32	0,32
II	0,32	0,29	0,29
III	0,29	0,26	0,26
IV	0,26	0,23	0,23

OBSERVAȚII:

- 1) La casa scării și la alte spații de circulație, indiferent de grupa clădirii, se admite $R'_{nec} = 0,26 \text{ m}^2\text{K/W}$
- 2) La vitrine se admite $R'_{nec} = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$

I.11.2 Rezistența termică corectată minimă, admisibilă, stabilită pentru clădirile noi, pe criterii de economie de energie în exploatarea clădirilor.

Trebuie să fie îndeplinită condiția :

$$R'_m \geq R'_{min} \quad [m^2K/W] \quad (11.6)$$

Valorile R'_{min} , pentru clădirile noi, se dau în tabelul 11.4....11.6. La clădirile existente care urmează a fi reabilitate și modernizate, valorile au caracter de recomandare și se utilizează pentru calculul parametrilor clădirii de referință conform părții a 3-a a metodologiei : Auditul și certificatul de performanță energetică ale clădirii.

Transmitanța termică corectată maximă, admisibilă (normată/de referință), stabilită pe criterii de economie de energie în exploatarea clădirilor reprezintă inversul rezistenței termice corectate minime:

$$U'_{max} = \frac{1}{R'_{min}} \quad [W/(m^2K)] \quad (11.7)$$

Trebuie îndeplinită condiția:

$$U'_m \leq U'_{\max} \quad [W/(m^2K)] \quad (11.8)$$

Tabelul 11.3
Valorile normate și valorile limită apreciate, ale rezistențelor termice
la clădirile de locuit noi

SIMBOLUL	ELEMENTUL DE CONSTRUCȚIE		R' nec				R' min		VALORI LIMITĂ APRECIATE	
			Zona climatică				Cladiri noi	Cladiri exist.**)	minR'	maxR'
			I	II	III	IV				
			m²K/W							
E	Pereți exteriori		1,00	1,09	1,19	1,28	1,50	1,40	0,50	4,00
T	Planșee	de terasă	1,33	1,46	1,58	1,71	3,50	3,00	0,50	5,00
		de pod	1,20*	1,31*	1,42*	1,54*	3,50	3,00	0,50	5,00
S		peste subsolul neîncălzit	1,33*	1,46*	1,58*	1,71*	1,65	1,65	0,30	3,00
P	Plăci pe sol		2,13	2,33	2,53	2,73	4,50	3,00	1,00	5,00
F	Tâmplărie exterioară		0,39				0,55	0,40	0,30	1,50

* valori orientative; valorile exacte se determină pe baza unor factori de corecție determinați printr-un calcul de bilanț termic.

** valori orientative pentru clădiri existente care se reabilitează (clădire de referință)

În Tabelul 11.3 se dau, pentru clădirile de locuit, valorile apreciate ca valori limita (minime și maxime) pentru rezistențele termice corectate, medii pe ansamblul clădirii, aferente fiecărui element de construcție. La stabilirea valorilor limită maxime s-au avut în vedere:

- posibilitățile tehnice actuale și pentru viitorul apropiat;
- utilizarea materialelor termoizolante în condiții de eficiență economică (pe baza unor calcule de optimizare);
- practica actuală și tendințele din alte țări.

Tabelul 11.4
Rezistențe termice minime $R'_{\min}$ ale elementelor de construcție, pe ansamblul clădirii – la clădirile de locuit

Nr. crt.	ELEMENTUL DE CONSTRUCȚIE	$R'_{\min}$ [m ² K/W]		$U'_{\max}$ [W/(m ² K)]	
		CLADIRI DE LOCUIT		CLADIRI DE LOCUIT	
		NOI	EXISTENTE CARE SE REABILITEAZĂ*)	NOI	EXISTENTE CARE SE REABILITEAZĂ*)
1	Pereți exteriori (exclusiv suprafețele vitrate, inclusiv pereții adiacenți rosturilor deschise)	1,50	1,40	0,67	0,71
2	Tâmplărie exterioară	0,55	0,40	1,80	2,50
3	Planșee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	3,50	3,00	0,29	0,33
4	Planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe	1,65	1,65	0,60	0,60
5	Pereți adiacenți rosturilor închise	1,10	1,10	0,90	0,90
6	Planșee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindowuri, ganguri de trecere, ș.a.)	4,50	3,00	0,22	0,33
7	Plăci pe sol (peste CTS)	4,50	3,00	0,22	0,33
8	Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	4,80	4,20	0,20	0,24
9	Pereți exteriori, sub CTS, la demisoluri sau la subsoluri încălzite	2,40	2,00	0,42	0,50

*) valori pentru clădirea de referință

Pentru clădiri cu altă destinație decât locuirea se dau, pentru clădirea de referință, următoarele valori:

Tabelul 11.5 - pentru clădiri de categoria 1

<i>Tipul de clădire</i>	<i>Zona climatică</i>	<i>a</i> <i>[m²K/W]</i>	<i>b</i> <i>[m²K/W]</i>	<i>c</i> <i>[m²K/W]</i>	<i>d</i> <i>[W/(mK)]</i>	<i>e</i> <i>[m²K/W]</i>
Spitale, creșe și policlinici	I	1,30	2,80	1,50	1,10	0,43
	II	1,40	2,90	1,60	1,10	0,43
	III	1,50	3,00	1,70	1,10	0,43
	IV	1,60	3,10	1,80	1,10	0,43
Clădiri de învățământ și pentru sport	I	1,20	2,80	1,00	1,10	0,39
	II	1,25	2,90	1,05	1,10	0,39
	III	1,30	3,00	1,10	1,10	0,43
	IV	1,35	3,10	1,15	1,10	0,43
Birouri, clădiri comerciale și hoteliere ^{x)}	I	1,20	3,00	1,00	1,10	0,43
	II	1,25	3,20	1,05	1,10	0,43
	III	1,35	3,30	1,10	1,10	0,43
	IV	1,30	3,50	1,15	1,10	0,43
Alte clădiri (industriale cu regim normal de exploatare)	I	0,65	1,80	1,00	1,10	0,32
	II	0,70	2,00	1,05	1,10	0,32
	III	0,75	2,20	1,10	1,10	0,39
	IV	0,80	2,40	1,15	1,10	0,39

Tabelul 11.6 - pentru clădiri de categoria 2

Tipul de clădire	Zona climatică	a [m ² K/W]	b [m ² K/W]	c [m ² K/W]	d [W/(mK)]	e [m ² K/W]
Spitale, creșe și policlinici	I	1,20	2,70	1,30	1,20	0,43
	II	1,30	2,80	1,40	1,20	0,43
	III	1,40	2,90	1,50	1,20	0,43
	IV	1,50	3,00	1,60	1,20	0,43
Clădiri de învățământ și pentru sport	I	1,10	2,70	1,30	1,20	0,39
	II	1,15	2,80	1,40	1,20	0,39
	III	1,20	2,90	1,50	1,20	0,43
	IV	1,25	3,00	1,60	1,20	0,43
Birouri, clădiri comerciale și hoteliere ^{x)}	I	1,10	2,90	1,30	1,20	0,43
	II	1,15	3,10	1,40	1,20	0,43
	III	1,20	3,20	1,50	1,20	0,43
	IV	1,25	3,40	1,60	1,20	0,43
Alte clădiri (industriale cu regim normal de exploatare)	I	0,55	1,70	0,85	1,20	0,29
	II	0,60	1,90	0,90	1,20	0,29
	III	0,65	2,10	0,95	1,20	0,32
	IV	0,70	2,30	1,00	1,20	0,32

^{x)} Pentru partea de cazare se aplică prevederile pentru locuințe

În tabelele 11.5 și 11.6 semnificația notațiilor este următoarea:

- În clădiri de categoria 1 intră clădirile cu “ocupare continuă” și clădirile cu “ocupare discontinuă” de clasă de inerție mare, definită conform cap.8 ca fiind acele clădiri a căror funcționalitate impune ca temperatura mediului interior să nu scadă (în intervalul “ora 0 - ora 7”) cu mai mult de 7°C sub valoarea normală de exploatare. Din această categorie fac parte: creșele, internatele, spitalele, etc.;
- În clădiri de categoria 2 intră clădirile cu “ocupare discontinuă”, cu excepția celor din clasa de inerție mare. Clădirile cu “ocupare discontinuă” sunt acele clădiri a căror funcționalitate permite ca abaterea de la temperatura normală de exploatare să fie mai mare de 7°C pe o perioadă de 10 ore pe zi, din care cel puțin 5 ore în intervalul “ora 0 - ora 7”. Din această categorie fac parte: școlile, amfiteatrele, sălile de spectacole, clădirile administrative, restaurantele, clădirile

industriale cu unul sau două schimburi, etc., de clasă de inerție medie și mică (definite în cap. 8).

- a - rezistența termică minimă, $R'_{\min}$, a componentelor opace ale pereților verticali care fac cu planul orizontal un unghi mai mare de 60° , aflați în contact cu exteriorul sau cu un spațiu neîncălzit, exprimată în $\text{m}^2\text{K/W}$;
- b - rezistența termică minimă, $R'_{\min}$, a planșeelor de la ultimul nivel (orizontale sau care fac cu planul orizontal un unghi mai mic de 60° , aflate în contact cu exteriorul sau cu un spațiu neîncălzit, exprimată în $\text{m}^2\text{K/W}$;
- c - rezistența termică minimă, $R'_{\min}$, a planșeelor inferioare aflate în contact cu exteriorul sau cu un spațiu neîncălzit, exprimată în $\text{m}^2\text{K/W}$;
- d - transmitanța termică liniară maximă pe perimetrul clădirii, la nivelul soclului, exprimată în W/(mK) ;
- e - rezistența termică minimă, $R'_{\min}$, a pereților transparenti sau translucizi aflați în contact cu exteriorul sau cu un spațiu neîncălzit, calculată luând în considerare dimensiunile nominale ale golului din perete, exprimată în $\text{m}^2\text{K/W}$;

Aprecierea performanțelor realizate de elementele de construcție perimetrale existente, în ceea ce privește rezistențele termice medii (R'_m) se face prin:

- compararea cu valorile rezistențelor termice necesare (R'_{nec}), normate din considerate igienico-sanitare;
- compararea cu valorile rezistențelor termice minime ($R'_{\min}$), normate - pentru clădirile noi - din considerente de economie de energie;
- compararea cu valorile apreciate ca valori limită, minime și maxime.

Compararea cu valorile normate R'_{nec} și $R'_{\min}$ se face determinând procentul de realizare a acestor valori, cu relațiile:

$$p_1 = \frac{R'_m}{R_{\text{nec}}} 100 \quad [\%] \quad (11.9)$$

$$p_2 = \frac{R'_m}{R_{\min}} 100 \quad [\%] \quad (11.10)$$

I.11.3 Temperaturi superficiale normate

I.11.3.1 Verificări generale

Temperaturile superficiale se limitează inferior astfel încât să nu apară fenomenul de condens pe suprafața interioară a elementelor de construcție:

$$\theta_{\text{si},\min} \geq \theta_r, \quad [^\circ\text{C}] \quad (11.11)$$

în care θ_r , este temperatura punctului de rouă.

Pentru clădiri de locuit, în condițiile unei temperaturi interioare de calcul $\theta_i = +20^\circ\text{C}$ și a unei umidități relative a aerului umed interior $\phi = 60\%$, temperatura punctului de rouă este $\theta_r = 12^\circ\text{C}$.

Valorile temperaturilor superficiale medii pe încăpere ($\theta_{\text{si},\min}$) se limitează indirect prin normarea indicatorilor globali de confort termic PMV și PPD, precum și a indicatorilor specifici disconfortului local:

- temperatura suprafeței pardoselii;
- variația pe verticală a temperaturii aerului;
- asimetria temperaturii radiante.

Temperaturile de pe suprafețele interioare ale elementelor de construcție, atât în câmp curent, cât și în dreptul tuturor punților termice, trebuie să fie mai mari decât temperatura punctului de rouă θ_r :

$$\theta_{si} (\theta_{si \min}, \theta_{si \text{ colț}}) \geq \theta_r \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11.12)$$

Temperatura punctului de rouă θ_r se poate determina din anexa A11, în funcție de temperatura interioară convențională de calcul θ_i și de umiditatea relativă a aerului interior φ_i . Pentru alte valori θ_i și φ_i decât cele din anexa A11, temperatura punctului de rouă poate fi determinată, aproximativ, prin interpolare liniară. Mai exact, temperatura punctului de rouă se calculează astfel:

- se determină presiunea parțială a vaporilor de apă la interior, cu relația :

$$p_{vi} = \frac{p_s \cdot \varphi_i}{100} \quad [\text{Pa}] \quad (11.13)$$

în care :

p_s presiunea de saturație corespunzătoare temperaturii aerului interior, în pascali;

φ_i umiditatea relativă a aerului umed interior, în procente.

- se determină temperatura pentru care presiunea parțială a vaporilor de apă, calculată cu relația (11.13), devine presiune de saturație; această valoare a temperaturii este temperatura punctului de rouă θ_r .

Temperatura pe suprafața interioară a elementelor de construcție fără punți termice (sau în câmpul curent al elementelor de construcție cu punți termice) se determină cu relația :

$$\theta_{si} = \theta_i - \frac{\Delta\theta}{h_i \cdot R} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11.14)$$

La elementele de construcție adiacente spațiilor neîncălzite în locul valorii $\Delta\theta = \theta_i - \theta_e$, în relația de calcul (11.14), se introduce diferența de temperatură ($\theta_i - \theta_e$).

În zona punților termice, temperaturile θ_{si} se determină printr-un calcul automat al câmpului de temperaturi. În mod curent, pentru determinarea temperaturilor minime $\theta_{si \min}$ este suficient a se face calculul câmpului plan, bidimensional, de temperaturi.

Pentru cazurile și detaliile curente, temperaturile superficiale minime $\theta_{si \min}$ se dau în tabelele cuprinse în cataloage de valori precalculate pentru punți termice uzuale. Valorile din tabele sunt valabile pentru zona II climatică și pentru o temperatură interioară $\theta_i = +20^{\circ}\text{C}$. Pentru alte condiții de temperatură (θ'_e și θ'_i), temperatura minimă ($\theta'_{si \min}$) se poate determina cu relația :

$$\theta'_{si \min} = \theta'_i - \frac{\theta'_i - \theta'_e}{\theta_i - \theta_e} (T_i - T_{si \min}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11.15)$$

în care :

$$\begin{aligned} \theta_i &= +20^{\circ}\text{C} \\ \theta_e &= -15^{\circ}\text{C} \\ \theta_i - T_e &= 35 \text{ K} \end{aligned}$$

La colțurile ieșinde de la intersecția a doi pereți exteriori cu un planșeu (la tavan sau la pardoseală), temperatura minimă se poate determina numai pe baza unui calcul automat al câmpului spațial, tridimensional, de temperaturi.

În cazul în care nu se face un astfel de calcul, se poate considera valoarea :

$$\theta_{si \text{ colț}} = 1,3 \theta_{si \text{ min}} - 0,3 \theta_i \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11.16)$$

în care :

$\theta_{si \text{ min}}$ temperatura superficială minimă, determinată pe baza câmpului plan de temperaturi.

Temperatura superficială medie, aferentă unui element de construcție, se poate determina cu relația:

$$\theta_{si \text{ m}} = \theta_i - \frac{\Delta\theta}{h_i \cdot R'} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11.17)$$

în care :

R' rezistența termică specifică corectată, aferentă, după necesități, fie unei încăperi, fie ansamblului clădirii.

Pe baza temperaturii superficiale minime $\theta_{si \text{ min}}$, se poate calcula valoarea maximă a raportului ecartului de temperatură superficială ζ_{max} , sau factorul de temperatură al unei punți termice liniare f_{Rsi}^{2D} (document recomandat SR EN ISO 10211-2).

Dacă intervin numai două medii, temperaturile superficiale pot fi exprimate sub formă adimensională printr-una din relațiile (11.18) sau (11.19):

$$\zeta_{\text{max}} = \frac{\theta_i - \theta_{si \text{ min}}}{\Delta\theta} \quad [-] \quad (11.18)$$

sau

$$f_{Rsi}^{2D} = \frac{\theta_{si \text{ min}} - \theta_e}{\Delta\theta} \quad [-] \quad (11.19)$$

unde:

$\zeta_{Rsi}(x,y)$ este raportul diferențelor de temperatură pentru suprafața interioară, într-un anumit punct;

$f_{Rsi}(x,y)$ este factorul de temperatură pentru suprafața interioară, într-un anumit

Pe baza temperaturii superficiale medii $\theta_{si \text{ m}}$, se poate determina valoarea medie a raportului ecartului de temperatură superficială, folosind relația :

$$\zeta_m = \frac{\theta_i - \theta_{si \text{ m}}}{\Delta\theta} = \frac{R_{si}}{R'} \quad [-] \quad (11.20)$$

Raportul diferențelor de temperatură sau factorul de temperatură trebuie să fie calculat cu o eroare mai mică de 0,005.

La elementele de construcție adiacente spațiilor neîncălzite, în locul valorii $\Delta\theta$ din relațiile (11.17), (11.18), (11.19), se introduce diferența de temperatură $(\theta_i - \theta_u)$.

Utilizând calculul numeric se poate determina limita inferioară a temperaturilor superficiale minime.

Dacă intervin trei temperaturi la limită, trebuie utilizați factorii de ponderare a temperaturii g .

Acești factori permit, pentru toate valorile temperaturilor la limită, să se calculeze temperatura într-un punct oarecare al suprafeței interioare cu coordonate (x,y) , ca funcție liniară de aceste temperaturi la limită, oricare ar fi ele.

Temperatura în punctul de coordonate (x,y) se determină cu relația:

$$\theta_{si}(x,y) = g_1(x,y)\theta_1 + g_2(x,y)\theta_2 + g_3(x,y)\theta_3 \quad (11.21)$$

cu:

$$g_1(x,y) + g_2(x,y) + g_3(x,y) = 1 \quad (11.22)$$

Calculul factorilor de ponderare a temperaturii g în punctul considerat se poate efectua utilizând prevederile cuprinse în anexa A din documentul recomandat SR EN ISO 10211-2.

În mod normal punctul de interes este cel având temperatura superficială interioară cea mai joasă. Acest punct se poate deplasa dacă temperaturile la limită se schimbă.

Se calculează temperatura superficială interioară θ_{si} în punctul considerat, înlocuind în relația (11.21) valorile calculate pentru g_1 , g_2 și g_3 și valorile efective ale temperaturilor la limită θ_1 , θ_2 și θ_3 .

Factorul de temperatură calculat este utilizat pentru evaluarea riscului de condens superficial și de dezvoltare a mușgaiului (document recomandat SR EN ISO 10211-1).

La intersecția a două punți termice liniare (de exemplu intersecția unui stâlp cu o centură de planșeu) sau la intersecția a trei punți termice liniare (de exemplu îmbinarea a doi pereți exteriori cu acoperișul), factorul minim de temperatură f_{Rsi}^{3D} , calculat cu un model geometric 3-D, este mai mic decât oricare dintre punțile termice liniare, considerate izolat (a se vedea figura 11.3.1).

În consecință, factorii de temperatură f_{Rsi}^{2D} , calculați cu modelul geometric 2-D, nu furnizează valori sigure pentru estimarea fenomenului de condens superficial într-o încăpere.

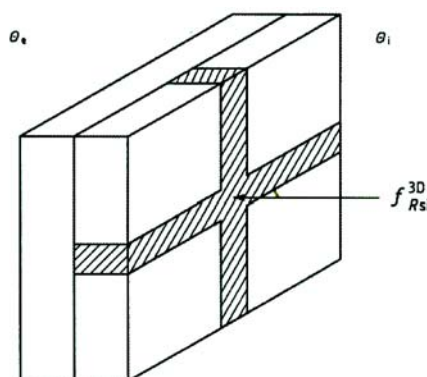


Figura 11.3.1– Exemplu de intersecție a două punți termice liniare cu indicarea poziției factorului minim de temperatură

I.11.3.2 Metodă simplificată de calcul pentru intersecția de punți termice liniare

Pentru a se obține valori sigure ale factorului minim de temperatură la intersecția a două sau trei punți termice liniare, se utilizează o metodă simplificată de calcul, pentru o estimare preliminară. Această metodă simplificată cuprinde relații pentru calculul celei mai mici valori limită la aceste intersecții, atunci când nu sunt disponibile rezultate ale unui calcul 3-D. Dacă aceste valori limită indică un risc de condens superficial sau nu satisfac valorile limită prescrise, se poate obține un rezultat mai exact printr-un calcul 3-D (document recomandat SR EN ISO 10211-1).

Metoda de calcul simplificat nu poate fi utilizată pentru calculul factorului de temperatură la punți termice punctuale izolate. Aceste cazuri pot fi calculate utilizând alte metode (document recomandat SR EN ISO 10211-1).

Valoarea limită inferioară pentru f_{Rsi}^{3D} poate fi calculată pornind de la factorii minimi de temperatură f_{Rsi}^{2D} ai punților termice liniare care se intersectează, în următoarele condiții:

- a) puntea termică 3-D este rezultatul a două sau trei punți termice liniare care se intersectează (a se vedea figura 11.3.1);
- b) dacă mai mult de două punți termice liniare fac parte din același plan, sunt luate în considerare numai cele două punți termice care au valorile cele mai scăzute pentru f_{Rsi}^{2D} (a se vedea figura 11.3.2);
- c) raportul dintre valorile maxime și minime ale coeficientului de transfer termic al oricărei părți a anvelopei adiacente punților termice liniare considerate să nu depășească 1,5.

Dacă nu este satisfăcută condiția c), valoarea calculată f_{Rsi}^{3D} poate totuși să fie utilizată ca valoare indicativă.

Se iau în considerare numai cele două punți termice liniare având factorii de temperatură cei mai mici

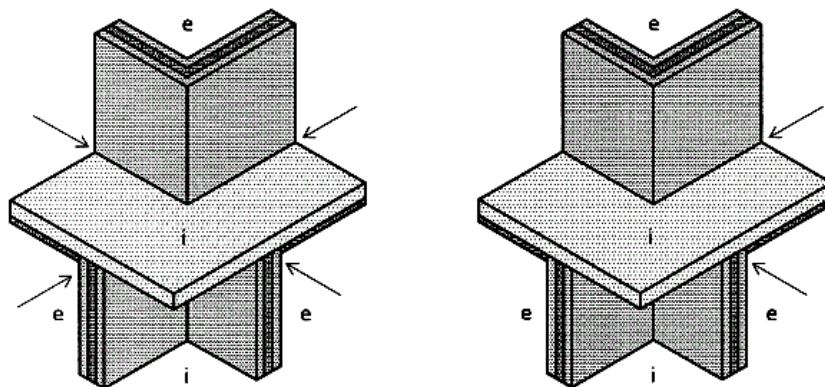


Figura 11.3.2 – Exemplu a patru punți termice liniare într-un plan (planșeul)

La intersecția a trei punți termice liniare, limita inferioară pentru f_{Rsi}^{3D} se determină cu:

$$f_{Rsi}^{3D} = \frac{1}{\frac{1}{f_{Rsi}^{2D,x}} + \frac{1}{f_{Rsi}^{2D,y}} + \frac{1}{f_{Rsi}^{2D,z}} - \frac{2}{f_{Rsi}^{1D}}} \quad (11.23)$$

unde:

- f_{Rsi}^{3D} este valoarea limită inferioară a factorului minim de temperatură al punții termice 3-D, calculată cu valoarea R_{si} utilizată;
- f_{Rsi}^{2D} este factorul minim de temperatură al punților termice liniare orientate în direcția axei x, calculată cu aceeași valoare R_{si} (la fel pentru axa y și axa z);
- f_{Rsi}^{1D} este media aritmetică a factorilor de temperatură ai părților de anvelopă omogene termic, adiacente punților termice liniare.

Dacă se intersectează numai două punți termice liniare, ecuația (11.23) devine:

$$f_{Rsi}^{3D} = \frac{1}{\frac{1}{f_{Rsi}^{2D,x}} + \frac{1}{f_{Rsi}^{2D,y}} - \frac{1}{f_{Rsi}^{1D}}} \quad (11.24)$$

Factorii de temperatură ai părților de anvelopă omogenă termic se determină cu:

$$f_{Rsi}^{1D} = \frac{R_t + R_{se}}{R_t + R_{se} + R_{si}} \quad (11.25)$$

În final, rebuie prezentate următoarele rezultate, ca valori care sunt independente de temperaturile la limite:

- coeficientul de cuplaj termic L între mediul interior și cel exterior;
- coeficientul de transfer termic liniar ψ al punții termice liniare;
- factorii de temperatură f_{Rsi} sau raporturile diferențelor de temperatură ζ_{Rsi} pentru punctele cu temperaturile superficiale cele mai scăzute din fiecare încăpăre considerată (inclusiv amplasamentul acestor puncte); dacă sunt utilizate trei temperaturi la limită, trebuie specificați factorii de ponderare a temperaturii.

Temperatura superficială interioară cea mai scăzută din fiecare încăpăre care face parte din mediul interior, este temperatura minimă calculată cu ajutorul relației (11.19).

I.12. Evaluarea influenței sistemelor solare pasive și a sistemelor de protecție solară asupra performanței energetice a clădirii

Documente recomandate:

- SR EN 13363-1: “Dispozitive de protecție solară aplicată vitrajelor. Calculul factorului de transmisie solară și luminoasă. Partea 1: Metodă simplificată”
- SR EN 410: “Sticlă pentru construcții. Determinarea caracteristicilor luminoase și solare ale vitrajelor”
- SR EN 673: “Sticlă pentru construcții. Determinarea transmitanței termice U . Metodă de calcul.”

Se va ține cont de condițiile de amplasament ale clădirilor conform specificațiilor din cap.7.

Elemente de calcul a eficienței energetice și economice a sistemelor arhitectural constructive de control solar pasiv, a sistemelor pasive de captare a radiației solare de tipul Spațiu Solar ventilat/neventilat sunt prezentate în Partea a II-a a metodologiei

În Anexa 12 se prezintă o metodă simplificată pentru estimarea transmisiei totale a energiei solare a unui dispozitiv de protecție solară aplicat unui vitraj, care se bazează atât pe coeficientul de transfer termic și pe cel de transmisie a energiei solare totale a vitrajului, cât și pe factorul de transmisie luminoasă și pe factorul de reflexie al dispozitivului de protecție solară. Dispozitivele de protecție solară sunt montate în paralel cu vitrajul, la exterior, la interior sau integrate și pot fi : storuri, jaluzele și transperante. Metoda este aplicabilă atunci când factorul de transmisie a energiei solare totale a vitrajului este cuprins între 0,15 și 0,85. Jaluzelele sau storurile trebuie să poată fi reglate astfel încât să nu existe transmisie solară directă. Se presupune că pentru dispozitivele de protecție solară montate la exterior și dispozitivele de protecție solară integrate, spațiul dintre dispozitivele de protecție solară și vitraj nu este ventilat, iar pentru dispozitivele de protecție solară montate la interior acest spațiu este ventilat. Se face referire la valoarea transmitanței termice a elementelor transparente, U pentru care se prezintă, de asemenea, metoda de determinare.

Recomandări privind utilizarea eficientă a diferitelor tipuri de protecții solare (de la plantații până la cele mai noi sisteme tehnologice precum și prezentarea caracteristicilor constructive și criteriilor de performanță termică a elementelor componente (vitraj, element de acumulare a căldurii, rezistența termică minimă a elementului de acumulare a căldurii, amplasarea fanelor de circulație a aerului și debitele recomandate de aer proaspăt introdus în spațiul ocupat adiacent) sunt făcute în capitolul 7.

x

Eficiența utilizării sistemului pasiv de captare a radiației solare este determinată de caracteristicile constructive și funcționale ale sistemului.

Se are în vedere sistemul format dintr-un perete captator vertical acoperit la exterior cu vopsea absorbantă în spectrul radiațiilor scurte ($\alpha_{\text{abs}} = 0,90$), confecționat din beton masiv cu grosime de 0,20 m, aplicat peste structura termoizolantă a clădirii ($R_c \geq 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$), la exteriorul acesteia. Exterior peretelui de beton se amplasează un vitraj (simplu sau dublu) cu proprietăți selective sau neselective. Fantele practicate la partea superioară și inferioară a peretelui captator precum și la părțile superioară și inferioară a vitrajului, permit orientarea aerului cald către spațiul interior (în sezonul rece) sau către exterior (în sezonul cald). Prezența spațiului solar contribuie la reducerea consumului de căldură al clădirii. Pentru evaluarea efectului energetic al spațiului solar se utilizează metoda directă.

Performanța energetică a spațiului solar (zona climatică II) pentru spațiu solar fără vehicularea aerului între spațiul solar și spațiile ocupate se determină din graficul din fig. 12.1. Pentru celelalte zone climatice (mediul urban) se utilizează următorii coeficienți de corecție:

Zonă climatică de iarnă	Coeficient de corecție
I	1,08
III	0,91
IV	0,79

Valorile din graficul din figura 12.1 reprezintă cantitatea de energie netă caracteristică sistemului de tip spațiu solar, raportată la suprafața de captare a radiației solare cu orientare Sud.

Pentru orientările SE, SV se introduc coeficienți de corecție:

$$C_{SE} = 0,81$$

$$C_{SV} = 0,88$$

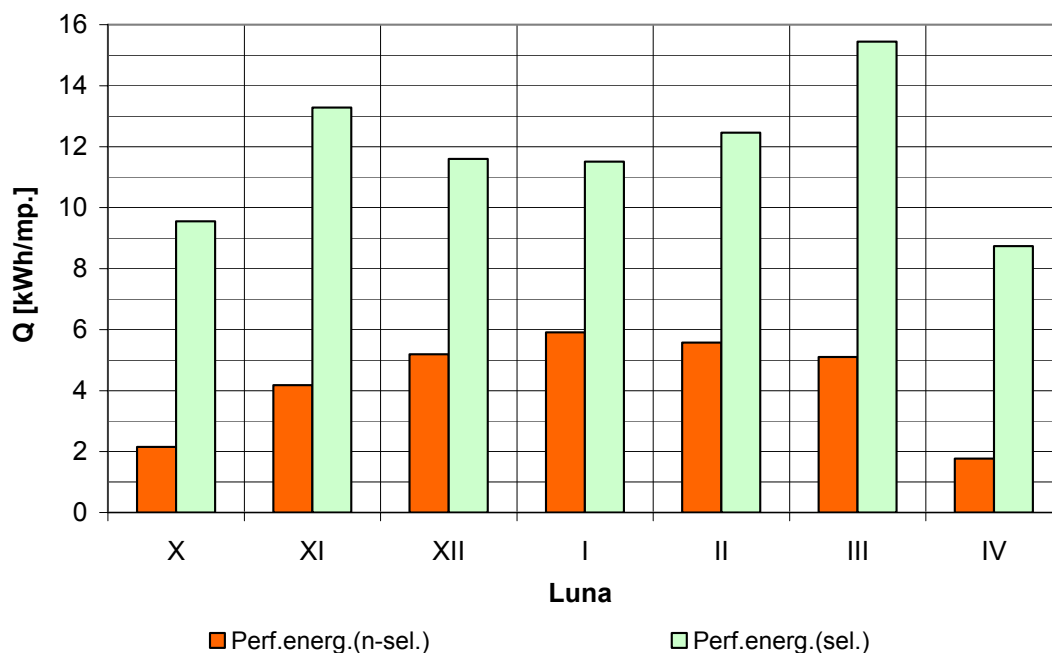


Figura 12.1- Performanța energetică medie a sistemului spațiu solar amenajare perete SUD ($g_c=0$ W/mp.)

În cazul vehiculării aerului preluat din exterior și introdus ca aer preîncălzit în spațiul locuit/ocupat, pentru capacitatea termică de 1 W/m^2 , Performanța Energetică este prezentată în graficul din figura 12.2.

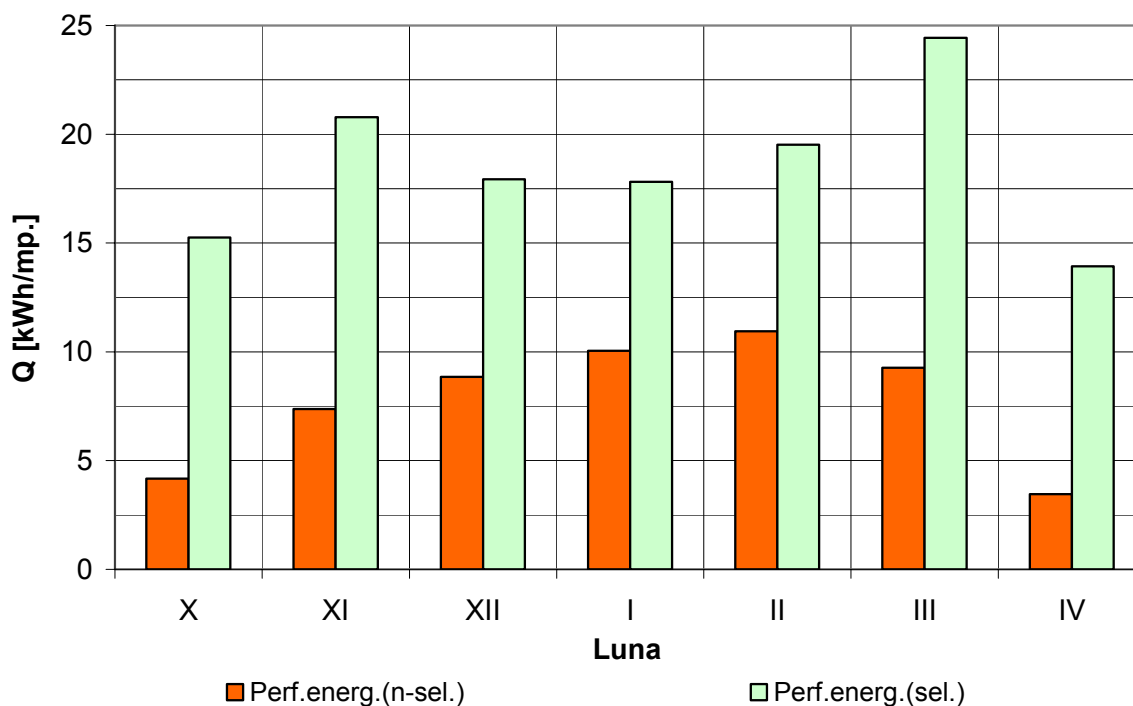


Figura 12.2 - Performanța energetică medie a sistemului spațiu solar amenajare perete SUD ($g_c=1$ W/mp.)

Coeficienții de corecție sunt cei menționați anterior.

I.13 Condiții de climat interior și de iluminat natural pentru asigurarea confortului higrotermic și vizual

I.13.1 Parametri de climat interior

Principalii parametri definitorii pentru aerul interior (documente recomandate: *SR ISO 7730 "Ambianțe termice moderate. Determinarea indicilor PMV și PPD și specificarea condițiilor de confort termic"* și *SR EN 27726 "Ambianțe termice. Aparat și metode de măsurare a mărimilor fizice"*) și care influențează confortul uman din punct de vedere higrotermic sunt:

- temperatura aerului;
- temperatura medie de radiație;
- asimetria temperaturii de radiație;
- temperatura interioară;
- temperatura convențională;
- umiditatea absolută/umiditatea relativă;
- viteza aerului.

I.13.1.1 Temperatura aerului

Temperatura aerului este temperatura dată de termometrul uscat, măsurată la o anumită înălțime. Această înălțime poate să difere, în funcție de destinația încăperii:

- la nivelul capului:
 - 1,1 m, pentru poziția așezat;
 - 1,7 m pentru poziția în picioare
- la nivelul abdomenului:
 - 0,6 m, pentru poziția așezat;
 - 1,1 m pentru poziția în picioare
- la nivelul gleznelor: 0,1 m, pentru poziția așezat și în picioare;

I.13.1.2 Temperatura medie de radiație

Temperatura medie de radiație este temperatura pereților unei incinte virtuale pentru care temperatura pereților este uniformă și schimburile de radiație între această incintă și om sunt egale cu schimburile de căldură prin radiație în incinta reală.

Temperatura de radiație poate fi stabilită pe baza temperaturii măsurate cu termometrul globului negru și a temperaturii și vitezei aerului din jurul termometrului cu glob negru.

Ea poate fi calculată, pe baza datelor privind temperaturile pereților înconjurători, forma acestor pereți și poziția lor în raport cu omul.

I.13.1.3 Asimetria temperaturii de radiație

Asimetria temperaturii de radiație se definește prin diferența dintre temperatura de radiație plană de pe două fețe opuse ale unui mic element (temperatura de radiație plană fiind temperatura uniformă a unei incinte pentru care radiația pe una din fețele unui mic element plan este aceeași ca în mediul real neuniform).

I.13.1.4 Temperatura interioară

Temperatura interioară este media aritmetică a temperaturii aerului și a temperaturii medii de radiație considerate în centrul încăperii (sau a zonei ocupate).

I.13.1.5 Temperatura interioară convențională

Temperatura interioară convențională este temperatura interioară stabilită printr-un sistem de reglare în regim normal de încălzire.

Temperatura interioară convențională se va considera, în funcție de destinația diferitelor spații, (document recomandat: SR 1907/2).

I.13.1.6 Umiditatea absolută și umiditatea relativă

Umiditatea absolută a aerului este cantitatea de vaporii de apă conținuți în aer, exprimată în mod curent prin presiunea parțială a vaporilor de apă (presiunea parțială a vaporilor de apă dintr-un amestec de aer umed fiind presiunea pe care ar exercita-o vaporii de apă conținuți în acest amestec dacă ei ar ocupa singuri volumul pe care îl ocupă aerul umed la aceeași temperatură) și prin raportul de umiditate (raportul dintre masa vaporilor de apă a unui eșantion de aer umed și masa aerului uscat din același eșantion).

Relația dintre cele două mărimi este:

$$W_g = 0,61298 \frac{p_a}{p - p_a} \quad (13.1)$$

în care:

W_g este raportul de umiditate;
 p_a este presiunea parțială a vaporilor de apă, în Pa;
 p este presiunea atmosferică totală, în Pa.

Umiditatea relativă a aerului este cantitatea de vaporii de apă din aer în raport cu cantitatea maximă pe care el o poate conține la o anumită temperatură și se calculează cu relația:

$$\varphi = \frac{p_a}{p_{a,sat}} \quad (13.2)$$

în care:

φ este umiditatea relativă a aerului;
 p_a este presiunea parțială a vaporilor de apă, în Pa;
 $p_{a,sat}$ este presiunea de saturație a vaporilor de apă, în Pa;

Umiditatea relativă poate fi exprimată și în procente

I 13.1.7 Viteza aerului

Viteza aerului se definește prin modul și direcție. Pentru mediul interior mărimea ce trebuie avută în vedere este modulul vectorului viteză. Ea este utilizată la evaluarea confortului termic și a disconfortului local produs de curenții de aer.

I.13.2 Parametri de confort termic

Senzația termică resimțită de om este reprezentată de senzația termică a corpului său, în ansamblu. Această senzație este influențată nu numai de parametrii de mediu (temperatura aerului, temperatura medie de radiație, umiditatea și viteza aerului) ci și de îmbrăcăminte și de activitatea pe care o desfășoară în mediul termic respectiv.

Senzația termică a omului este o mărime subiectivă și se definește prin indicele PMV (votul mediu previzibil) sau indicele PPD (procentul previzibil de nemulțumiți).

Indicele PMV reprezintă opinia medie a unui grup important de persoane care își exprimă votul privind senzația termică în raport cu mediul termic înconjurător, pe o scară cu 7 niveluri caracterizate astfel:

Nivel	Senzație resimțită
+3	foarte cald
+2	cald
+1	călduț
0	neutru
-1	răcoros
-2	rece
-3	foarte rece

Indicele PMV se determină prin calcul din ecuația de bilanț termic al corpului uman, pe baza datelor privind parametrii de mediu (temperatura aerului, temperatura medie de radiație, viteza relativă a aerului, presiunea parțială a vaporilor de apă), activitatea (producția de energie metabolică) și rezistența termică a îmbrăcămînții sau utilizînd valori tabelate în funcție de nivelul de activitate, rezistența termică a îmbrăcămînții, viteza relativă a aerului și temperatura operativă (document recomandat: SR ISO 7730)

Indicele PPD reprezintă procentul de persoane susceptibile de a avea senzația de prea rece sau prea cald în raport cu mediul ambiant și furnizează informații privind disconfortul termic.

Temperatura operativă este temperatura uniformă a unei incinte radiante negre, în care un ocupant schimbă aceeași cantitate de căldură prin radiație și prin convecție ca într-o ambianță neuniformă reală. Temperatura operativă se poate calcula cu relația:

$$\theta_o = A \cdot \theta_a + (1 - A) \bar{\theta}_r \quad (13.3)$$

în care:

θ_o este temperatura operativă, în $^{\circ}\text{C}$;

θ_a este temperatura aerului, în $^{\circ}\text{C}$;

$\bar{\theta}_r$ este temperatura medie de radiație, în $^{\circ}\text{C}$;

A este un factor de corecție, dat în funcție de viteza aerului, astfel:

v_a , în m/s	< 0,2	de la 0,2 până la 0,6	de la 0,7 până la 1,0
A	0,5	0,6	0,7

Pentru medii în care viteza aerului este mai mică de 0,2 m/s sau dacă diferența dintre temperatura aerului și temperatura medie de radiație este mai mică de 4°C , temperatura operativă se poate considera ca fiind media dintre temperatura aerului și temperatura medie de radiație (în acerst caz temperatura operativă este identică cu temperatura interioară, pct. 13.1.4).

Se poate considera ca acceptabil pentru confortul uman o ambianță caracterizată de un indice PPD mai mic de 10%, ceea ce corespunde unui indice PMV cuprins în domeniul:

- 0,5 < PMV < + 0,5

I.13.3 Elemente privind concepția constructiv-arhitecturală, generală și de detaliu, care influențează performanțele clădirii sub aspect termic, al ventilării naturale, al însoririi și al iluminatului natural.

Calitatea aerului interior depinde de calitatea aerului care pătrunde din exterior și de factorii de contaminare ai aerului din interiorul încăperilor.

Atunci când niciunul dintre acești factori nu influențează în vre-un fel luarea unei decizii, putem considera limitele normative de ventilare naturală, drept igienice; acestea se raportează la numărul de indivizi utilizatori în același moment ai spațiului respectiv, la volumul de aer și la poluanții prezenți în interior datorati diferitelor produse industriale sau materiale de construcție, punerii acestora în lucru sau diferitelor mirosuri.

Asigurarea normelor de igienă pentru locuințele colective prevăd:

- însorirea minimă de 1 ½ ore la 21 decembrie pentru cel puțin o cameră, pentru apartamentele de 2 camere și pentru cel puțin 2 camere pentru apartamentele de 3 sau 4 camere;
- în cadrul ansamblului urbanistic se admit maxim 5% apartamente neînsorite;

Respectarea normelor de igienă în cazurile de mai sus este foarte importantă datorită diferenței ce apare între durata teoretică și cea reală de însorire.

Oboseala, lipsa de concentrare, iritarea mucoasei nazale și lăcrămarea, dificultatea în respirație, frisoanele, reumatismul, toate acestea cunoscute ca simptom SBS (Sick Building Syndrome) sunt tributare nerespectării normelor de confort ale spațiilor interioare.

I.13.4 Definirea parametrilor de iluminat natural și niveluri de performanță pentru asigurarea confortului vizual.

Confortul vizual este o stare subiectivă, care diferă de la om la om, dar și de la o activitate la alta. Pentru obținerea confortului vizual, aspectele cantitative, specifice pentru fiecare funcțiune, trebuie corelate cu aspectele calitative ale mediului luminos.

Principalii parametri ai iluminatului natural sunt **nivelul de iluminare** și **uniformitatea în planul util**, ambii parametri fiind dependenți de cerințele funcționale ale spațiului studiat.

Nivelul de iluminare trebuie să fie în concordanță cu specificul activității desfășurate în încăpere; el trebuie să fie asigurat pe suprafața de referință - planul util - care poate fi orizontală (masă, birouri), verticală (raft, oglindă) sau înclinată (pupitru, planșetă). În funcție de specificul încăperilor, se recomandă realizarea nivelurilor de iluminare prezentate în ANEXA 13.1, unde, pentru comparație, sunt incluse și nivelurile de lumină realizate natural.

Uniformitatea în planul util. Factorul de uniformitate este determinat de raportul dintre nivelul de iluminare recomandat în planul util specific fiecărei funcțiuni (Anexa A13.2) și iluminarea minimă simultană din încăperea respectivă.

Se recomandă pentru clădiri de locuit, realizarea unei iluminări având un factor de uniformitate de minimum 1/10. Pentru celelalte clădiri, în funcție de felul cum se desfășoară activitatea:

- pentru munci cu caracter static, lumina fiind necesar să fie primită în general dintr-o singură direcție, factorul de uniformitate va fi de 1/4...1/6;
- pentru muncă în mișcare, lumina fiind necesar să fie primită din mai multe direcții, factorul de uniformitate va fi de 1/2...1/3.

Pentru încăperile de învățământ, clase, auditorii, laboratoare, ateliere, se recomandă factorul de uniformitate de 1/3.

Factorul de lumină naturală

În calculele de iluminat natural, se ia în considerare lumina difuză a zilei, nu și lumina directă a soarelui, tocmai datorită variațiilor sale foarte mari (aceasta face obiectul studiilor de însorire).

Cantitatea de lumină naturală a unui spațiu interior este determinată de intensitatea luminii naturale la un moment dat, de caracteristicile suprafețelor vitrate (dimensiuni, poziționare, proprietățile sticlei), de eventualele protecții solare sau obstacole exterioare (construcții, vegetație).

Factorul de lumină naturală DF (Daylight Factor) este elementul determinant de evaluare a luminii naturale disponibile în interiorul clădirilor (document recomandat metoda CIE). El depinde de condițiile meteo, dar metoda de calcul ia în considerare condiții de cer acoperit. Factorul de lumină naturală este asociat unui punct din spațiul interior, fiind independent de momentul zilei sau anotimp și se exprimă prin formula:

$$DF = (E_{Hint} / E_{Hext}) \times 100$$

unde

E_{Hint} - iluminarea punctului interior

E_{Hext} - iluminarea punctului fără obturări

Factorul de lumină naturală are trei componente, corespunzătoare celor trei căi prin care lumina naturală ajunge în spațiul interior:

- componenta cerului
- componenta reflectată externă
- componenta reflectată internă

Fiecare din aceste componente se calculează prin metode specifice.

O formulă de calcul foarte simplă consideră că valoarea minimă a factorului de lumină naturală într-o încăpere este egală cu o zecime din aria ferestrelor, exprimată ca procent din aria pardoselii:

$$DF = 1 / 10 (A_f / A_d) \times 100$$

unde

A_f – suprafața ferestrelor

A_d – suprafața pardoselii

Avantajul metodei constă în faptul că modelul distribuției luminii naturale în încăpere poate fi calculat o singură dată; acest model nu se schimbă în timp. Cunoscând distribuția factorului de lumină naturală, nivelul iluminării naturale în spațiul interior se obține prin multiplicarea acestuia cu iluminarea exterioară disponibilă la un moment dat. Se determină astfel valorile minimă, medie și maximă ale condițiilor de lumină naturală în încăperea respectivă sau în spații interioare similare. Dezavantajul metodei este faptul că permite calculul doar pentru cer acoperit uniform și nu poate analiza diferitele situații variabile determinate de mișcarea soarelui, de nori și de componenta directă a razelor de soare.

Concluziile determinărilor făcute pe baza metodei:

- pentru încăperi cu DF mai mare de 5 %, iluminatul artificial nu este necesar pe întreaga perioadă a programului de lucru; interiorul este luminos, odihnitor, cu iluminat natural generos
- pentru DF cuprins între 2 – 5%, iluminatul artificial va fi conceput pentru a suplimenta lumina naturală
- pentru DF mai mic de 2%, lumina artificială va funcționa pe toată perioada de lucru

Metoda descrisă mai sus este un instrument de lucru deosebit de simplu și eficient. În faza de proiectare a unei construcții noi, se poate optimiza consumul energetic pentru utilități – iluminat

electric, încălzire, climatizare, ventilație – prin corelarea aportului de lumină naturală cu dimensiunile suprafețelor vitrate (având în vedere și alte aspecte, în special schimburile termice). Pentru o clădire existentă, cu suprafețele vitrate cunoscute, se pot întocmi calcule economice de optimizare a consumului de energie prin corelarea programului de lucru cu iluminatul natural disponibil.

Factorul de lumină naturală este un element care intervine în ecuația pentru determinarea consumului de energie electrică necesar pentru iluminatul artificial (v. Metodologie, Partea a 2-a – capitolul Iluminat artificial).

I.14. Particularități de aplicare a metodologiei pentru clădirile existente care urmează a fi modernizate termic și energetic

Pentru clădirile existente rezistențele termice unidirecționale ale elementelor de construcție perimetrale, se determină, de regulă, cu aceleași metode ca și pentru clădirile noi.

Conductivitatea termică de calcul a materialului termoizolant se stabilește în funcție de:

- felul, sortul și caracteristicile termotehnice ale materialului termoizolant prevăzut în proiectul inițial;
- deteriorarea caracteristicilor termoizolante ale materialului, produsă în timp, ca urmare a diferiților factori, dar în principal ca urmare a umezirii materialului prin infiltrații și/sau condens interior.

Conductivitatea termică se stabilește concret prin:

- examinarea proiectului inițial;
- identificarea materialului prin sondaje și/sau decopertări locale;
- determinări de laborator ale unor probe extrase “in situ”;
- examinarea stării în care se află materialul (în stare uscată, afectat de condens, igrasie sau infiltrații de apă, etc.)

Pentru a ține seama de efectul negativ al umezirii, îmbătrânirii și deteriorării în timp a materialelor care intră în alcătuirea elementelor de construcție și, în special, a materialelor termoizolante, asupra conductivității termice, valorile normate ale acestora vor fi corectate prin multiplicarea cu coeficienții de majorare ”a”, care se dau - orientativ – la pct 5.3:

$$\lambda = a \cdot \lambda_{\text{normat}} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (14.1)$$

Coeficientul de majorare aferent unui material de construcții se obține prin multiplicarea coeficientului care depinde de vechimea materialului cu cel mai mare din coeficienții care depind de starea materialului (condens, igrasie, infiltrații).

- La determinarea rezistențelor termice unidirecționale ale plăcilor pe sol, în cazul când pământul și umplutura de peste CTS sunt nisipuri și pietrișuri cu umiditate ridicată, conductivitatea termică de calcul a pământului pe adâncimea de 3,0 m sub CTS se va considera $\lambda_{p1} = 2,5 \text{ W}/(\text{mK})$ în loc de $2,0 \text{ W}/(\text{mK})$.
- Pentru calcule simplificate, cu utilizarea unor valori precalculate și întabelate, relația de calcul a rezistențelor termice unidirecționale pentru toate elementele de construcție cu excepția plăcii pe sol și a tâmplăriei exterioare, se poate scrie sub forma:

$$R = \bar{R} + \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2\text{K}/\text{W}] \quad (14.2)$$

în care:

$\bar{R}$ rezistența termică a tuturor straturilor, cu excepția stratului termoizolant, la care se adaugă rezistențele la transfer termic superficial interior și exterior [$\text{m}^2\text{K/W}$]:

$$\bar{R} = R_{si} + R_{se} + \sum \left(\frac{d_j}{\lambda_j} \right)$$

d grosimea de calcul a stratului termoizolant [m]

λ conductivitatea termică de calcul a materialului termoizolant [$\text{W}/(\text{mK})$]

- Pentru calcule simplificate, cu utilizarea unor valori precalculate și întabulate, relația de calcul a rezistențelor termice unidirecționale pentru plăcile pe sol poate fi scrisă sub forma:

$$R_1 = 2,72 + 0,5 h + \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (14.3)$$

în care:

R_1 rezistența termică unidirecțională a tuturor straturilor cuprinse între cota $\pm 0,00$ și cota stratului invariabil (CSI), la care se adaugă rezistența la transfer termic superficial interior [$\text{m}^2\text{K/W}$]

h înălțimea măsurată între nivelul pământului din exteriorul clădirii (CTS) și fața superioară a plăcii din beton slab armat, suport al stratului termoizolant sau al șapei [m]

d grosimea de calcul a stratului termoizolant [m]

λ conductivitatea termică de calcul a stratului termoizolant [$\text{W}/(\text{mK})$]

- Grosimea stratului termoizolant este cea efectivă, existentă la data analizei termice și energetice, cu luarea în considerație atât a tasării inițiale, cât și a celei produse în timp.

Grosimea “ d ” se poate stabili fie pe baza datelor existente în proiect, confirmate prin 1-2 sondaje, fie exclusiv pe baza câtorva sondaje sau/și decopertări locale.

La terasele fără beton de pantă, cu stratul termoizolant de grosime variabilă, se consideră grosimea medie, ponderată cu suprafețele.

- Pentru elementele de construcție vitrate (tâmplărie exterioară și pereți exteriori vitrați), rezistențele termice unidirecționale (R), egale cu rezistențele termice corectate (R'), se consideră - de regulă - cu valorile considerate pentru clădirile noi. Dacă starea tâmplăriei de lemn nu este corespunzătoare (tocul și/sau cercevelele sunt umezite, putrezite, fisurate, degradate) rezistențele termice se vor reduce cu până la 15 %, în funcție de amploarea și natura defectelor.
- Rezistențele termice corectate (R') ale elementelor de construcție neomogene și cu punți termice, cu excepția plăcilor pe sol, se determină pe baza relațiilor de calcul:

$$R' = \frac{1}{\frac{(1 - \sum p_i)}{R} + \sum (p_i \cdot U_i) + \frac{\sum (\psi_j \cdot l_j)}{A}} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (14.4)$$

în care:

R rezistența termică unidirecțională din câmp curent [$\text{m}^2\text{K/W}$];

A suprafața pentru care se face calculul [m^2];

l_j lungimile punților termice liniare de același fel (j), din cadrul suprafeței A [m];

ψ_j transmitanțele termice liniare aferente punților termice de același fel (j), [$\text{W}/(\text{mK})$];

- p_i ponderea zonelor neizolate sau mai puțin izolate termic decât zona de câmp curent [-];
- U_i transmitanțele termice prin suprafață, unidirecționale, aferente zonelor (i) [W/(m²K)].

Rezistențele termice corectate ale plăcilor pe sol, în ipoteza acceptării calculului în regim staționar, se determină pe baza relației:

$$R' = \frac{1}{\left[\frac{(1 - \Sigma p_i)}{R_1} + \Sigma(p_i \cdot U_i) \right] \cdot \frac{\Delta \theta_p}{\Delta \theta} + \frac{\Sigma(\psi_j \cdot l_j)}{A}} \quad [(\text{m}^2\text{K/W})] \quad (14.5)$$

în care:

$\Delta \theta_p$ - diferența dintre temperatura interioară și temperatura pământului la cota stratului invariabil (CSI) [K]:

$$\Delta \theta_p = \theta_i - \theta_p$$

$\Delta \theta$ - diferența dintre temperatura interioară și temperatura exterioară convențională de calcul [K]:

$$\Delta \theta = \theta_i - \theta_e$$

R_1 - rezistența termică unidirecțională din câmp curent [(m²K/W);

A, l_j, ψ_j, p_i, U_i - cu aceleași semnificații ca mai sus.

Coeficienții de reducere a rezistențelor termice unidirecționale “r” ale tuturor elementelor de construcție, cu excepția plăcilor pe sol, se pot determina cu relația:

$$r = \frac{R'}{R} = \frac{1}{(1 - p) + \bar{U} \cdot p \cdot R + R \cdot \bar{\psi} \cdot \left(\frac{1}{A}\right)} \quad [-] \quad (14.6)$$

în care:

p ponderea însumată a tuturor zonelor neizolate sau mai puțin izolate termic [-];

l lungimea însumată a tuturor punților termice liniare [m];

A aria totală a elementului de construcție, caracterizată prin aceeași rezistență termică unidirecțională [m²];

$\bar{U}$ transmitanța termică unidirecțională, medie, ponderată, aferentă ariei totale a zonelor neizolate sau mai puțin izolate termic [W/(m²K)];

$\bar{\psi}$ transmitanța termică liniară, medie, ponderată, aferentă lungimii însumate a tuturor punților termice liniare [W/(mK)].

Coeficientul de reducere a rezistenței termice unidirecționale “r” ale plăcilor pe sol, se pot determina cu relația:

$$r = \frac{R'}{R_1} = \frac{3,5}{(1 - p) + \bar{U} \cdot p \cdot R_1 + 3,5 \cdot R_1 \cdot \bar{\Psi} \cdot \left(\frac{1}{S}\right)} \quad [-] \quad (14.7)$$

în care:

R_1 rezistența termică unidirecțională, din câmp curent, a tuturor straturilor cuprinse între cota ±0,00 și CSI, la care se adaugă rezistența la transfer termic superficial interior R_{si} , [m²K/W].

$p, \bar{U}, \bar{\Psi}, l, A$ - cu aceleași semnificații ca mai sus

Determinarea simplificată a rezistențelor termice corectate, cu ajutorul coeficienților de reducere

Rezistențele termice corectate ale tuturor elementelor de construcție, cu excepția suprafețelor vitrate, se pot determina în mod simplificat, cu suficientă exactitate, dar mai operativ, cu relația:

$$R' = r \cdot R = r_1 \cdot r_2 \cdot R \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (14.8)$$

în care:

r_1 coeficientul de reducere a rezistențelor termice unidirecționale din câmp curent, care ține seama de influența punților termice liniare [-];

r_2 coeficientul de reducere a rezistențelor termice unidirecționale din câmp curent, care ține seama de prezența, în cadrul ariei elementului de construcție perimetral, a unor zone neizolate sau mai puțin izolate termic [-].

La placa pe sol, în loc de R se consideră rezistența termică R_1 .

Coeficienții de reducere " r_1 " și " r_2 " se determină cu următoarele relații:

- la toate elementele de construcție, cu excepția plăcilor pe sol:

$$r_1 = \frac{1}{1 + R \cdot \bar{\psi} \cdot \left(\frac{1}{A}\right)} \quad [-] \quad (14.9)$$

$$r_2 = \frac{1}{(1-p) + \bar{U} \cdot p \cdot R} \quad [-] \quad (14.10)$$

- la plăcile pe sol:

$$r_1 = \frac{3,5}{1 + 3,5 \cdot R_1 \cdot \bar{\psi} \cdot \left(\frac{1}{A}\right)} \quad [-] \quad (14.11)$$

$$0,95 \leq r_2 = \frac{1}{(1-p) + \bar{U} \cdot p \cdot R_1} \leq 1,10 \quad [-] \quad (14.12)$$

în care $p, l, A, \bar{\Psi}$ și $\bar{U}$ au aceleași semnificații ca mai sus.

Coeficientul liniar de transfer termic, mediu, ponderat, se calculează cu relația:

$$\bar{\psi} = \frac{\sum(\psi_j \cdot l_j)}{l} \quad [\text{W/(mK)}] \quad (14.13)$$

în care:

ψ_j transmitanțele termice liniare aferente diferitelor detalii caracteristice din cadrul ariei A [W/(m.K)];

l_j lungimile corespunzătoare valorilor ψ_i , definite mai sus [m];

l lungimea însumată a tuturor punților termice liniare [m];

$$l = \sum l_j$$

Ponderea însumată a tuturor zonelor neizolate sau mai puțin izolate termic, existente în cadrul ariei elementului de construcție considerat, se calculează cu relația:

$$p = \sum p_i = \frac{A'}{A} = \frac{\sum A'_i}{A} \quad [-] \quad (14.14)$$

în care:

A_i' ariile zonelor neizolate termic sau mai puțin termoizolate, existente în cadrul ariei totale a elementului de construcție [m^2];

A' aria însumată a tuturor zonelor neizolate termic și a celor mai puțin termoizolate [m^2];

$$A' = \sum A_i'$$

p_i ponderile ariilor A_i' din totalul ariei A [-] :

$$p'_i = \frac{A_i'}{A}$$

Coefficientul de transfer termic unidirecțional, mediu, ponderat, aferent ariei A' , se determină cu relația:

$$\bar{U} = \frac{\sum (U_i \cdot A_i')}{A'} = \frac{\sum (U_i \cdot p_i)}{p} \quad [W/(m^2 K)] \quad (14.15)$$

în care:

$\bar{U}_i$ coeficienții de transfer termic aferenți diferitelor zone neizolate sau mai puțin izolate termic [$W/(m^2 K)$].

Coefficienții liniari de transfer termic ψ_j se pot lua din cataloagele special întocmite cu valori precalculate.

Pentru detalii importante care nu se găsesc în aceste acte normative, coeficienții ψ_j se pot determina pe baza unui calcul numeric automat al câmpului de temperaturi.

Transmitanțele termice unidirecționale U_i aferente zonelor neizolate sau mai puțin termoizolate, se calculează cu relația:

$$U_i = \frac{1}{R_i} \quad [W/(m^2 K)] \quad (14.16)$$

în care:

R_i - rezistențele termice unidirecționale ale zonelor “i”, neizolate sau mai puțin termoizolate [$m^2 K/W$]

O serie de valori aproximative U_i se dau în Tabelul 14.1.

Zonele neizolate termic care se iau în considerare la determinarea parametrilor “ p ” și “ $\bar{U}$ ” sunt, în principal, următoarele:

- la planșeele de terasă și de pod: chepenguri, ventilații, coșuri de fum, străpungeri de instalații, recipiente de scurgere ș.a;
- la planșeul peste subsolul neîncălzit și la placa pe sol, în situația în care stratul termoizolant este amplasat sub pardoseală: suprafețele din dreptul pereților structurali și nestructurali (care întrerup continuitatea stratului termoizolant), precum și toate zonele la care nu s-a prevăzut strat termoizolant (de ex. zona casei scării, a holului de intrare în clădire ș.a.);
- la planșeul peste subsolul neîncălzit și la placa pe sol, în situația în care stratul termoizolant este amplasat sub placă: suprafețele din dreptul pereților structurali și a grinzilor din beton armat (care întrerup continuitatea stratului termoizolant), precum și toate zonele la care nu s-a prevăzut strat termoizolant, ș.a.;

- la pereții exteriori: zonele de punți termice străpunse, de lățime relativ mare, pentru care nu se introduc în calcule coeficienți liniari de transfer termic: stâlpi, bulbi, tălpi și grinzi din beton armat monolit etc;

Zonele mai puțin izolate termic care se iau în considerare, de regulă, la determinarea parametrilor $\bar{p}$ și $\bar{U}$ sunt, în principal, zonele de punți termice nestrăpunse ale pereților exteriori, pentru care nu se introduc în calcule coeficienți ψ_i : stâlpi, bulbi, tălpi și grinzi din beton armat monolit, toate protejate la exterior cu un strat termoizolant subțire, ș.a.

Punțile termice liniare care trebuie în mod obligatoriu să fie luate în considerare la determinarea parametrilor $\bar{l}$ și $\bar{\psi}$ sunt, în principal, următoarele:

- intersecția dintre pereții exteriori și planșeul de terasă (în zona aticului sau a cornișei);
- intersecția dintre pereții exteriori și planșeul de pod (în zona streșinii);
- intersecția dintre pereții exteriori și planșeul peste subsolul neîncălzit (în zona soclului);
- intersecția dintre pereții exteriori și placa pe sol (în zona soclului);
- colțurile verticale (ieșinde și intrânde) formate la intersecția dintre doi pereți exteriori ortogonali;
- punțile termice verticale de la intersecția pereților exteriori cu pereții interiori structurali (de ex. stâlpișori din beton armat monolit protejați sau neprotejați, pereții din beton armat adiacenți logiilor, ș.a.);
- intersecția pereților exteriori cu planșeele intermediare (în zona centurilor și a consolelor din beton armat monolit, ș.a.)
- plăcile continue din beton armat care traversează pereții exteriori la balcoane și logii;
- conturul tâmplăriei exterioare (la buiandrugi, solbancuri și glafuri verticale).

Ariile elementelor de construcție perimetrale (A) se măsoară în conformitate cu prevederile de la pct 5.2.

Lungimile punților termice liniare (l) se măsoară în funcție de lungimile lor reale, existente în cadrul ariilor A .

TABELUL 14.1
TRANSMITANȚELE TERMICE (U_i)

CARACTERISTICE ZONELOR NEIZOLATE TERMIC SAU MAI PUȚIN TERMOIZOLATE

CARACTERISTICILE ZONELOR NEIZOLATE TERMICE ȘI MAI PUȚIN TERMIZOLATE							
Nr. crt.	ELEMENTUL DE CONSTRUCȚIE			Grosimea peretelui	U_i		
					zone neizolate termic	zone mai puțin termoizolate	
	mm	W/(m²K)					
1	PLANȘEE SUB TERASĂ			-	2,25	-	
2	PLANȘEE SUB POD NEÎNCĂLZIT			-	3,25	-	
3	PLANȘEE PESTE SUBSOL NEÎNCĂLZIT			-	2,75	-	
4	PLĂCI PE SOL			-	0,35	-	
5	PEREȚI EXTERIORI	Panouri mari prefabricate			220	3,40	-
6					270	3,10	-
7					320	2,85	-
8		Zidării și soluții monolit	Zone de punți termice străpunse din beton armat	150	3,30	-	
9				200	3,00	-	
10				250	2,75	-	
11				300	2,55	-	
12				350	2,40	-	
13				400	2,20	-	
14				450	2,10	-	
15				500	2,00	-	
16		Zidării și soluții monolit	Zone de punți termice din beton armat, protejate cu zidărie din cărămizi pline 125 mm	325	-	2,05	
17				375	-	1,95	
18				425	-	1,85	
19				475	-	1,75	
20				525	-	1,65	
21				575	-	1,55	
22			Zone de punți termice din beton armat, protejate cu polistiren celular 25 mm+ zidărie din cărămizi pline 125 mm	350	-	1,00	
23				400	-	1,00	
24				450	-	0,95	
25				500	-	0,95	
26				550	-	0,90	
27				600	-	0,90	
28			Zone de punți termice din beton armat, protejate cu plăci sau fâșii BCA GBN 35 cu grosimea în mm de:	75	200	-	1,70
29					250	-	1,60
30					300	-	1,55
31					350	-	1,50
32				100	250	-	1,40
33					300	-	1,35
34		350			-	1,30	
35		125		250	-	1,25	
36				300	-	1,20	
37				350	-	1,15	
38		150		250	-	1,15	
39				300	-	1,10	
40			350	-	1,05		

Elementele de construcție orizontale (planșeele de terasă și de pod, planșeul peste subsolul neîncălzit și placa pe sol) prezintă următoarele particularități:

- există, de regulă, un unic tip de zonă diferită (în ceea ce privește alcătuirea și gradul de izolare termică) de zona de câmp, și anume zona neizolată termic;
- cea mai semnificativă punte termică liniară este, de departe, intersecția suprafețelor orizontale cu pereții exteriori ai clădirii.

În aceste condiții, coeficienții de transfer termic $\bar{\psi}$ și $\bar{U}$ nu mai trebuie să fie ponderați, iar în locul lungimii totale “ l ” se consideră perimetrul “ P ”, măsurat pe conturul feței interioare a pereților exteriori de la ultimul nivel (la planșeele de terasă și de pod), respectiv de la parter (la planșeul peste subsolul neîncălzit și la placa pe sol).

Aria elementului de construcție orizontal (A) este aria suprafeței mărginită pe contur de perimetrul (P) definit mai sus.

În Tabelele A14.1...A14.4 din Anexa A14.1 se dau valorile coeficienților de reducere “ r_1 ”, determinate în funcție de parametrii R (R_1), l/A și $\bar{\psi}$, iar în Tabelele A14.5 ...A14.8 - valorile coeficienților de reducere “ r_2 ”, determinate în funcție de parametrii R (R_1), p și $\bar{U}$.

În Tabelele A14.1, A14.2 și A14.3, în locul lungimii “ l ” se consideră, în general, perimetrul “ P ”.

În Tabelele A14.5, A14.6 și A14.7, pe lângă coeficienții “ r_2 ” aferenți diferitelor valori $\bar{U}$, s-au calculat și coeficienții “ r_2 ” corespunzători transmitanțelor termice $\bar{U}_i$ ale zonelor neizolate termic, care sunt:

$\bar{U} = 2,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ - pentru planșeele de terasă

$\bar{U} = 3,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ - pentru planșeele de pod

$\bar{U} = 2,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ - pentru planșeele peste subsolul neîncălzit

$\bar{U} = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ - pentru placa pe sol

La determinarea rezistențelor termice corectate R' cu ajutorul coeficienților de reducere “ r_1 ” și “ r_2 ”, se vor avea în vedere următoarele:

- pentru alte valori $R(R_1)$, p , l/A , $\bar{\psi}$ și $\bar{U}$ decât cele din tabelele A14.1...A14.8, valorile coeficienților “ r_1 ” și “ r_2 ” se pot determina prin interpolare;
- la pereții exteriori, în situația în care, pentru unele punți termice, cu excepția punților termice geometrice (de la colțuri și de pe conturul tâmplăriei exterioare), nu există valori precalculate pentru coeficienții “ $\bar{\psi}$ ”, punțile termice respective vor putea fi considerate “zone neizolate sau mai puțin termoizolate”; în aceste cazuri valorile “ $\bar{U}$ ” aferente acestor zone vor fi majorate cu 10...30%, în funcție de lățimea zonei, majorarea fiind cu atât mai mare cu cât lățimea punții termice este mai mică;
- având în vedere că, de regulă, colțurile intrânde ale pereților exteriori au valori negative, influența acestor punți termice poate fi, acoperitor, neglijată în calcule;

- în situația în care, în Tabelele din Anexa A14 nu se găsesc valorile necesare pentru parametrii p , l/A , $\bar{U}$ și $\bar{\psi}$, coeficienții “ r_1 ” și “ r_2 ” pot fi determinați pe baza altor valori ai acestor parametri, alese astfel încât produsul “ $p \cdot \bar{U}$ ”, respectiv “ $\bar{\psi} \cdot (l/S)$ ” să fie egal cu cel al parametrilor căutați.

Dacă la o clădire există două sau mai multe alcătuiri diferite la același element de construcție (de exemplu o zonă cu pereți exteriori nestructurali și altă zonă cu pereți structurali din beton armat monolit cu strat termoizolant la exterior), calculele se vor face, de regulă, separat pentru fiecare alcătuire în parte, determinând valorile R , r_1 , r_2 și R' distincte. În această situație, rezistența termică medie a elementului de construcție se determină în final cu relația :

$$R'_m = \frac{1}{U'_m} = \frac{\sum A_j}{\sum (A_j \cdot U'_j)} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (14.17)$$

în care :

U'_j transmitanțele termice corectate $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$ aferente suprafețelor A_j .

Pentru calcule aproximative la fazele preliminară de proiectare, în locul produsului “ $r_1 \cdot r_2$ ” din relația (14.8), se poate aprecia un coeficient global de reducere “ r ”.

Valorile coeficienților globali de reducere a rezistențelor termice unidirecționale “ r ” sunt cu atât mai mici, cu cât următorii parametri sunt mai mari:

- rezistența termică unidirecțională din câmp curent (R);
- lungimea punților termice raportată la aria elementului de construcție considerat (l/A , P/A);
- aria zonelor neizolate sau mai puțin termoizolate, raportată la aria elementului de construcție considerat (p);
- valorile coeficienților liniari de transfer termic (ψ); coeficienții ψ sunt cu atât mai mari cu cât punțile termice au o lățime mai mare și sunt mai puțin protejate (de exemplu punți termice străpunse);
- valorile transmitanțelor termice aferente zonelor neizolate sau mai puțin termoizolate (U); coeficienții U sunt cu atât mai mari cu cât zonele respective se caracterizează prin rezistențe termice mai mici (de ex. zonele neizolate termic).

ANEXA A5
(la cap. 5)

CARACTERISTICILE TERMOTEHNICE ALE
DE CONSTRUCȚIE

A
R

Nr. crt.	Denumirea materialului	Densitatea aparentă ρ kg/m ³	Conductivitatea termică de calcul λ W/(mK)	Coeficientul de asimilare termică s W/(m ² K)	Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori 1/KD
0	1	2	3	4	5
I Produse pe bază de azbest Capacitate calorică masică c = 840 J/(kgK)					
1	Plăci și foi de azbociment	1900	0,35	6,35	24,3
2	Plăci termoizolante de azbest	500	0,13	1,99	1,6
		300	0,09	1,28	1,6
II Materiale asfaltice și bituminoase Capacitate calorică masică c = 840 J/(kgK)					
3	Mortar asfaltic	1800	0,75	9,05	85,0
4	Beton asfaltic	2100	1,04	11,51	85,0
5	Bitum	1100	0,17	3,37	*)
III Betoane Capacitate calorică masică c = 840 J/(kgK)					
6	Beton armat	2600	2,03	17,90	24,3
		2500	1,74	16,25	21,3
		2400	1,62	15,36	21,3

0	1	2	3	4	5
7	Beton simplu cu agregate naturale de natură sedimentară sau amorfă (pietriș, tuf calcaros, diatomit).	2400	1,62	15,36	21,3
		2200	1,39	13,62	14,9
		2000	1,16	11,86	12,1
		1800	0,93	10,08	8,5
		1600	0,75	8,53	7,1
		1400	0,58	7,02	4,7
		1200	0,46	5,79	4,3
		1000	0,37	4,74	3,9
8	Beton cu zgură de cazan	1800	0,87	9,75	8,5
		1600	0,75	8,53	7,7
		1400	0,64	7,37	7,1
		1200	0,52	6,15	6,1
		1000	0,41	4,99	4,7
9	Beton cu zgură granulată	1800	0,64	8,36	7,7
		1600	0,58	7,50	7,1
		1400	0,52	6,65	6,6
		1200	0,46	5,79	6,1
10	Beton cu zgură expandată	1600	0,58	7,50	7,1
		1400	0,46	6,25	6,5
		1200	0,41	5,46	6,0
11	Beton cu perlit	1200	0,41	5,46	4,3
		1000	0,33	4,47	3,4
		800	0,26	3,55	2,4
		600	0,17	2,49	2,1

0	1	2	3	4	5
12	Beton cu granulit	1800 1700 1600 1500 1400 1200 1000 800 600 400	0,81 0,76 0,70 0,64 0,58 0,46 0,35 0,29 0,23 0,17	9,41 8,85 8,24 7,63 7,02 5,79 4,61 3,75 2,89 2,03	7,1 7,0 6,9 6,8 6,5 6,1 4,7 3,4 2,4 1,9
13	Beton celular autoclavizat (gazbeton): -tip GBC - 50 -tip GBN - 50 -tip GBN - 35 -tip GBN - T; GBC - T	750 700 600 550	0,28 0,27 0,24 0,22	3,57 3,39 2,96 2,71	4,2 4,2 3,7 3,5
14	Produse rigide spumate din cenușă de termocentrală liată cu ciment	500 400	0,20 0,16	2,46 1,97	3,1 2,6
IV Mortare Capacitate calorică masică c=840 J/(kgK)					
15	Mortar de ciment	1800	0,93	10,08	7,1
16	Mortar de ciment și var	1700	0,87	9,47	8,5
17	Mortar de var	1600	0,70	8,24	5,3
18	Mortar de zgură cu ciment	1400 1200	0,64 0,52	7,37 6,15	5,7 4,7

0	1	2	3	4	5
V Vată minerală și produse din vată minerală Capacitate calorică masică c=750 J/(kgK)					
19	Vată minerală: - tip 60 - tip 70	60 70	0,042 0,045	0,37 0,41	1,1 1,1
20	Saltele din vată minerală - tip SCI 60, SCO60,SPS 60 - tip SPS 70	100...130 120...150	0,040 0,045	0,50 0,59	1,3 1,3
21	Păslă minerală: - tip P 40 - tip P 60 - tip P 90	40 60 90	0,043 0,040 0,040	0,31 0,36 0,44	1,1 1,6 2,0
22	Plăci din vată minerală: - tip G 100 - tip G 140 - tip AP 140	100 140 120...140	0,048 0,040 0,044	0,51 0,55 0,56	2,1 2,4 2,4
23	Plăci rigide din fibre de bazalt tip PB 160	160	0,050	0,66	2,5
VI Sticlă și produse pe bază de sticlă Capacitate calorică masică c=840 J/(kgK)					
24	Sticlă	2500	0,75	10,67	∞
25	Sticlă spongioasă	400 300 140	0,14 0,12 0,075	1,84 1,48 0,80	28,3 28,3 28,3

0	1	2	3	4	5
26	Vată de sticlă: - cal. I - cal. II	80 100	0,036 0,041	0,42 0,50	1,1 1,2
VII Produse pe bază de ipsos, perlit, diatomit Capacitate calorică masică c=840 J/(kgK)					
27	Plăci de ipsos	1100 1000	0,41 0,37	5,23 4,47	6,1 6,5
28	Plăci de ipsos cu umplutură organică	700	0,23	3,13	3,4
29	Ipsos celular	500	0,18	2,34	1,7
30	Șapă de ipsos	1600	1,03	10,00	11,2
31	Produse termoizolante din diatomit	600 500	0,22 0,19	2,83 2,40	- -
32	Plăci termoizolante din perlit liate cu ciment	270	0,16	162	1,9
VIII Pământuri și umpluturi Capacitate calorică masică c=840 J/(kgK)					
33	Pământ vegetal în stare umedă	1800	1,16	11,28	-
34	Umplutură din nisip	1600	0,58	7,50	3,9
35	Umplutură din pietriș	1800	0,70	8,74	2,4

0	1	2	3	4	5
IX Lemn și produse din lemn Capacitate calorică masică c=2510 J/(kgK)					
36	Pin și brad - perpendicular pe fibre - în lungul fibrelor	550 550	0,17 0,35	4,12 5,91	10,4 2,0
37	Stejar și fag - perpendicular pe fibre - în lungul fibrelor	800 800	0,23 0,41	5,78 7,71	11,3 2,1
38	Placaj înleiat	600	0,17	4,30	28,3
39	Rumeguș	250	0,09	2,02	2,4
40	Plăci termoizolante din talaș, tip STABILIT	400 300	0,14 0,13	3,19 2,66	2,4 2,1
41	Beton cu agregate vegetale (talaș, rumeguș, puzderie)	800 600	0,21 0,16	5,52 4,17	5,3 5,0
42	Plăci termoizolante din coajă de rășinoase - tip PACOSIP - tip IZOTER	750 350 270	0,216 0,125 0,116	5,42 2,82 2,38	5,3 2,4 2,1
43	Plăci din fibre de lemn, tip PFL (plăci moi) - plăci S - plăci B și BA	220...350 230...400	0,084 0,094	2,08 2,32	2,7 3,7

0	1	2	3	4	5
44	Plăci aglomerate fibrolemnoase, tip PAF	300	0,084	2,14	2,7
45	Plăci din aşchii de lemn, tip PAL: - termoizolante - stratificate - omogene pline - omogene cu goluri	350 650 550 700 600 500 450	0,101 0,204 0,180 0,264 0,216 0,168 0,156	2,53 1,90 4,24 5,79 4,85 3,90 3,57	2,8 7,1 4,3 8,5 7,1 3,4 2,8
X Produse termoizolante fibroase de natură organică Capacitate calorică masică c=1670 J/(kgK)					
46	Plăci aglomerate din puzderie, tip PAF	300 200	0,101 0,086	1,91 1,44	3,5 3,0
47	Stufit - presat manual - presat cu maşina	250 400	0,09 0,14	1,65 2,60	1,3 1,4
48	Plăci din paie	250 120	0,14 0,05	2,05 0,85	1,4 1,3
49	Saltele din deşeuri textile sintetice, tip vată de tapiţerie	100	0,045	0,74	1,1
XI Umpluturi termoizolante Capacitate calorică masică c=840 J/(kgK)					
50	Zgură de cazan	1000 700	0,35 0,26	4,61 3,32	3,3 2,9

0	1	2	3	4	5
51	Zgură granulată, zgură expandată	1100 900 500	0,36 0,31 0,19	4,90 4,11 2,40	3,4 3,1 2,7
52	Cenuşă şi zgură de termocentrală	650	0,29	3,38	3,0
53	Granulit	900 500 300	0,49 0,25 0,18	5,17 2,75 1,81	3,0 2,1 1,7
54	Perlit	200 100	0,088 0,083	1,03 0,71	1,7 0,9
55	Diatomit	700 500	0,25 0,20	3,26 2,46	- -
XII Pietre naturale şi zidărie din piatră naturală Capacitate calorică masică c=920 J/(kgK)					
56	Scorie bazaltică	1000	0,26	4,16	-
57	Marmură, granit, bazalt	2800	3,48	25,45	56,7
58	Gresie şi cuarţite	2400	2,03	17,99	17,0
59	Pietre calcaroase	2000 1700	1,16 0,93	12,42 10,25	10,6 8,5
60	Tuf calcaros	1300	0,52	6,70	4,3

0	1	2	3	4	5
61	Zidărie din pietre de formă regulată, cu densitate aparentă a pietrei de: - 2800 kg/m ³ - 2000 kg/m ³ - 1200 kg/m ³	2680 1960 1260	3,19 1,13 0,51	23,89 12,13 6,54	30,4 9,9 4,9
62	Zidărie din pietre de formă neregulată, cu densitatea aparentă a pietrei de: - 2800 kg/m ³ - 2000 kg/m ³ - 1200 kg/m ³	2420 1900 1380	2,55 1,06 0,60	20,30 11,57 7,42	15,5 8,7 5,3
XIII Zidărie din cărămizi, blocuri mici și produse din beton celular autoclavizat Capacitate calorică masică c = 870 J/(kgK)					
63	Zidărie din cărămizi pline	1800	0,80	9,51	6,1
64	Zidărie din cărămizi cu găuri verticale, tip GVP, cu densitatea aparentă a cărămizilor de: - 1675 kg/m ³ - 1475 kg/m ³ - 1325 kg/m ³ - 1200 kg/m ³ - 1075 kg/m ³ - 950 kg/m ³	1700 1550 1450 1350 1250 1150	0,75 0,70 0,64 0,58 0,55 0,46	8,95 8,26 7,64 7,02 6,57 5,77	5,3 5,0 4,7 4,5 4,3 4,1

0	1	2	3	4	5
65	Zidărie din cărămizi de diatomit, cu densitatea aparentă a cărămizilor de 1000 kg/m ³	1200	0,52	6,26	3,4
66	Zidărie din blocuri mici pline din beton cu agregate ușoare, cu densitatea aparentă a blocurilor de: - 2000 kg/m ³ - 1800 kg/m ³ - 1600 kg/m ³ - 1400 kg/m ³ - 1200 kg/m ³ - 1000 kg/m ³	1980 1800 1620 1440 1260 1080	1,16 0,93 0,75 0,61 0,50 0,42	12,02 10,26 8,72 7,43 6,29 5,34	10,6 8,5 7,1 4,7 4,3 3,9
67	Zidărie din blocuri de beton celular autoclavizat: - cu rosturi subțiri - tip GBN 35 - tip GBN 50 - cu rosturi obișnuite - tip GBN 35 - tip GBN 50	675 775 725 825	0,27 0,30 0,30 0,34	3,38 3,82 3,70 4,20	3,8 4,3 3,9 4,4
68	Fășii armate din beton celular autoclavizat - tip GBN 35 - tip GBN 50	625 725	0,25 0,28	3,13 3,57	3,7 4,2

0	1	2	3	4	5
XIV Metale Capacitate calorică masică $c=480 \text{ J/(kgK)}$					
69	Oțel de construcții	7850	58	125,6	∞
70	Fontă	7200	50	111,7	∞
71	Aluminiu	2600	220	140,8	∞
XV Polimeri și spume de polimeri Capacitate calorică masică $c=1460 \text{ J/(kgK)}$					
72	Polistiren celular	20	0,044	0,30	30,0
73	Spume de policlorură de vinil	70	0,05	0,61	3,0
		30	0,05	0,40	3,0
74	Poliuretan celular	30	0,042	0,36	30,0
XVI Materiale în suluri Capacitate calorică masică $c=1460 \text{ J/(kgK)}$					
75	Covor PVC				
	- fără suport textil	1800	0,38	8,49	425
		1600	0,33	7,46	425
	- cu suport textil	1600	0,29	7,00	425
		1400	0,23	5,83	425
76	Pânză bitumată, carton bitumat, etc.	600	0,17	3,28	*)

*) Valoarea este conform STAS 6472/4-89

OBSERVAȚII:

- Conductivitățile termice de calcul din anexa A sunt date la condițiile unui regim normal de umiditate a materialelor în timpul exploatarei, conform prevederilor din STAS 6472/4-89.
- Alte materiale decât cele din anexa A pot fi utilizate în elemente de construcție numai cu avizul unui institut de specialitate.

- Pentru materialele care nu sunt cuprinse în anexa A, conductivitatea termică se poate determina experimental, conform STAS 5912-89 (pentru materialul în stare uscată), conductivitatea fiind raportată la temperatura medie de 0°C .

Conductivitățile termice de calcul λ se obțin prin majoritatea valorilor determinate experimental λ_0 după cum urmează:

- betoane ușoare având:

$\lambda_0 \leq 0,16 \text{ W/(mK)}$	60%
$\lambda_0 = 0,17 \dots 0,23 \text{ W/(mK)}$	35%
$\lambda_0 = 0,24 \dots 0,30 \text{ W/(mK)}$	30%
$\lambda_0 = 0,31 \dots 0,46 \text{ W/(mK)}$	25%
$\lambda_0 = 0,47 \dots 0,58 \text{ W/(mK)}$	20%

- produse din vată minerală 10%
- produse din lemn 20%
- produse fibroase de natură organică 20%
- masă ceramică 20%
- polimeri și spume din polimeri
 - cu pori închiși 10%
 - cu pori deschiși 20%

- Densitatea aparentă dată în anexa A, se referă la materialele în stare uscată până la masă constantă.

5. Pentru materiale cuprinse în anexa A, dar având alte densități aparente, conductivitatea termică de calcul se poate determina prin interpolare.

6. Pentru materialele și densitățile aparente necuprinse în anexa A, coeficientul de asimilare termică s se calculează conform pct. 12.4 din prezentul normativ.

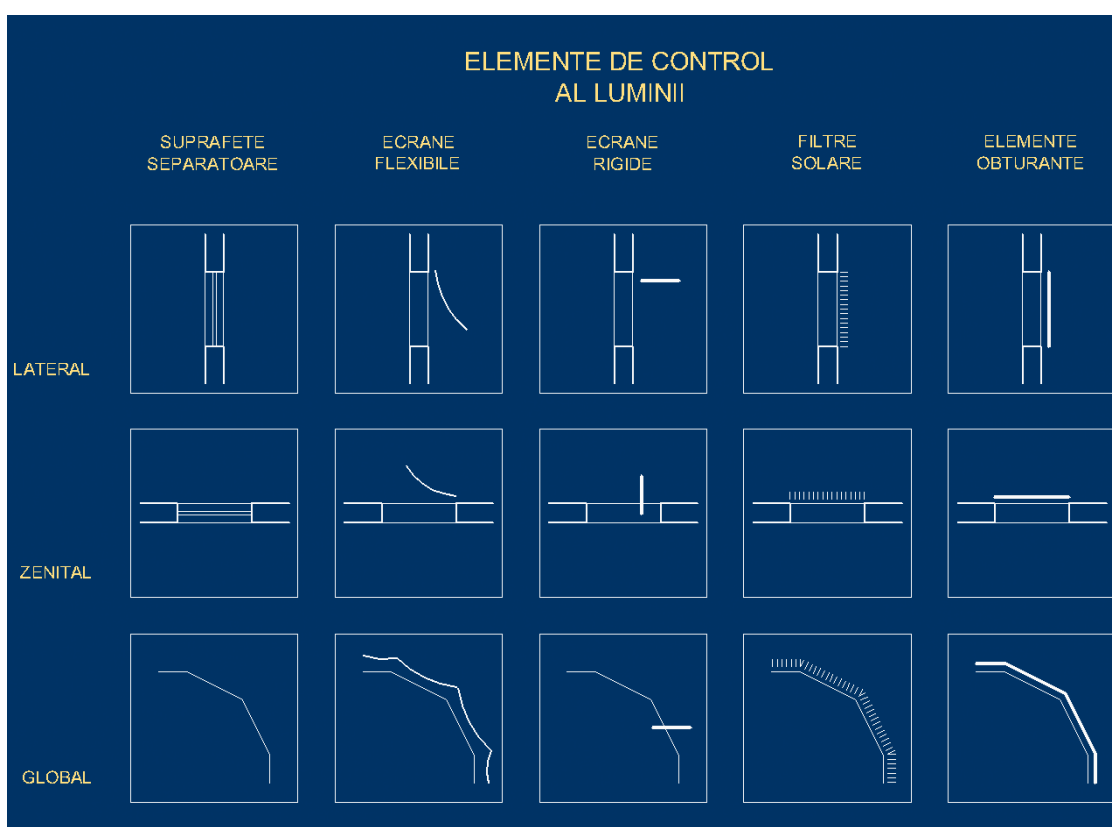
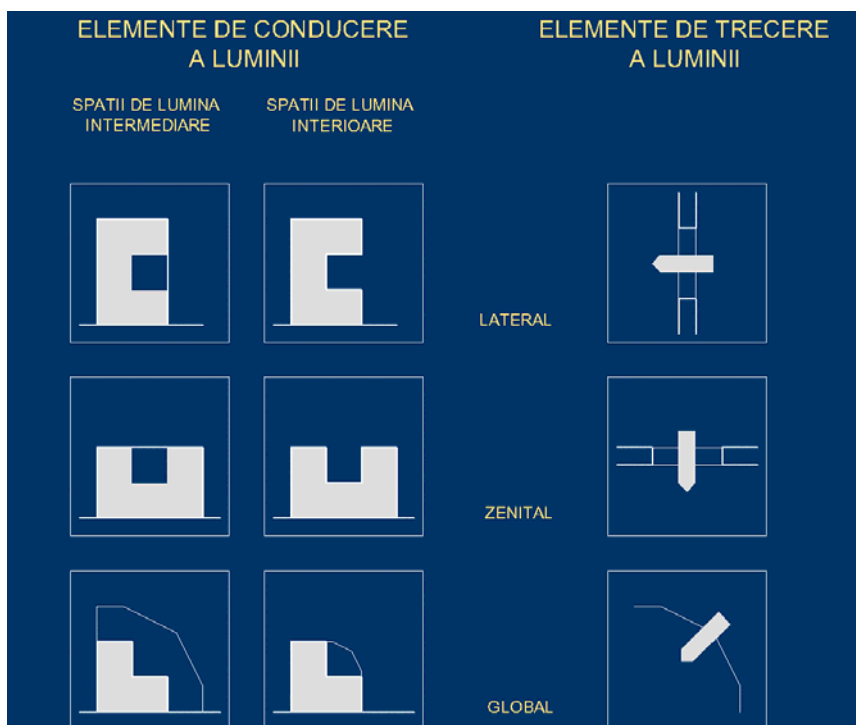
7. Pentru materialele care nu au valori $1/K_D$ în anexa A, precum și pentru alte materiale necuprinse în anexa A, factorul rezistenței la permeabilitate la vapori se va determina pe cale experimentală de către un institut de specialitate.

8. Pentru materiale sub formă de vopsele, pelicule sau folii, valorile $1/K_D$ se dau în STAS 6472/4-89.

**ELEMENTE PRIVIND CONCEPȚIA CONSTRUCTIV-ARHITECTURALĂ
CARE INFLUENȚEAZĂ PERFORMANȚELE CLĂDIRII SUB ASPECT TERMIC, AL
VENTILĂRII NATURALE, AL ÎNSORIRII ȘI AL ILUMINATULUI NATURAL**

ANEXA A7.1

ELEMENTE DE CONDUCERE, TRECERE ȘI DE CONTROL AL LUMINII



VARIAȚIA LUMINII NATURALE

Fig. 1. Variația luminii naturale în funcție de dispunerea ferestrelor: lateral pe o parte, lateral pe două părți sau în diferite soluții de iluminat zenital (cf. Neufert)

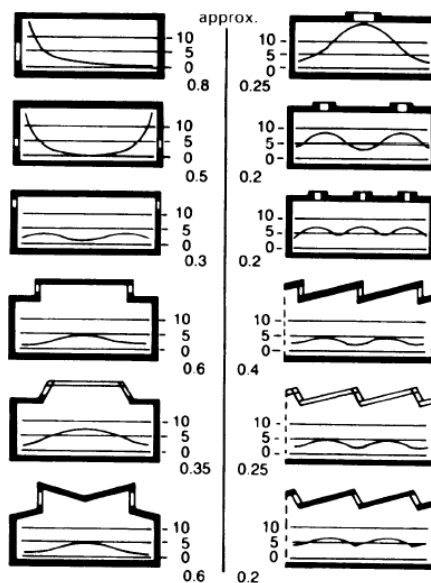
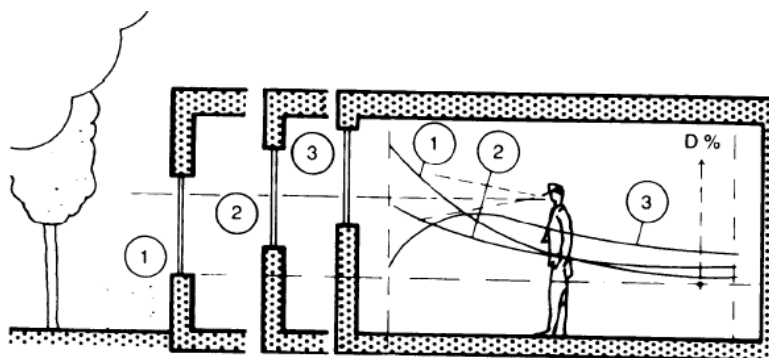


Fig. 2. Graficul de variație a luminii naturale în funcție de dispunerea pe verticală a aceleiași ferestre (cf. Neufert)



**RAPORTUL DINTRE ARIA FERESTRELOR ȘI ARIA PARDOSELII ÎNCĂPERILOR ÎN
FUNCȚIE DE DESTINAȚIA ACESTORA/FUNCȚIUNI
(document recomandat STAS 6221-89)**

Destinația încăperilor	Raportul dintre aria ferestrelor și aria pardoselii încăperii
Încăperi la locuințe: - de locuit - celelalte încăperi - scări	1/6...1/8 1/8...1/10 1/10...1/14
Încăperi de lucru: - birou, laborator, bibliotecă, atelier, cabinet medical - la laboratoare de cercetări și control	1/5...1/7 1/3...1/4
Încăperi de învățămînt: - săli de clasă, săli de desen sau lucru manual, laboratoare - coridoare	1/3...1/4 1/8...1/10
Încăperi de creșe, grădinițe, cămine: - săli de joc la grădinițe - spălător, cameră duș, WC, vestiar, coridor - magazii de efecte, depozit combustibil	1/3...1/4 1/8...1/10 1/10...1/12
Încăperi de spitale și instituții medicale: - saloane bolnavi, camere de zi, camere de așteptare, camere personal, săli de tratament - saloane bolnavi TBC, saloane copii bolnavi - săli de naștere, intervenții și pansamente, laboratoare – farmacii - alte încăperi afară de sălile de operații cu anexele lor	1/6...1/7 1/5...1/6 1/4...1/5 1/7...1/9
Încăperi la clădiri administrative	1/6...1/10
Biblioteci – săli de lectură	1/5...1/6
Săli de sport: - săli de gimnastică și sport - săli de haltere, box, scrimă, ping-pong - vestiare, dușuri - cabinet medical	1/5...1/6 1/4...1/5 1/10...1/12 1/5...1/7
Încăperi de restaurante, cantine: - săli de mese - laboratoare de preparare	1/6...1/8 1/4...1/6
Încăperi la hoteluri: - camere, săli comune	1/6...1/8

**VALORI INFORMATIVE ALE COEFICIENTULUI DE REFLEXIE PENTRU DIVERSE
MATERIALE SAU SUPRAFEȚE
(document recomandat STAS 6221-89)**

Nr. crt.	Materialul sau suprafața	Coeficientul de reflexie
1	Zugrăveală albă (nouă)	0,80
2	Zugrăveală albă (veche)	0,75
3	Zugrăveală cenușie	0,25
4	Zugrăveală crem	0,70
5	Zugrăveală verde deschis	0,57
6	Zugrăveală verde închis	0,20
7	Zugrăveală albastră deschis	0,45
8	Zugrăveală roz	0,42
9	Zugrăveală roșie	0,16
10	Zugrăveală brună	0,16
11	Vopsitorie lac alb lucios	0,72...0,80
12	Vopsitorie lac de aluminiu	0,54
13	Plăci marmură albă cu luciu	0,30...0,80
14	Plăci marmură mată	0,50...0,70
15	Sticlă de geam transparent	0,10
16	Sticlă de geam mățuită cu nisip	0,11...0,18
17	Sticlă opacă	0,15...0,28
18	Sticlă stratificată pentru difuziune	0,30...0,60
19	Plăci de oțel	0,28
20	Hârtie desen albă	0,80...0,85
21	Hârtie galbenă, verde sau albastră deschis	0,60...0,70
22	Hârtie albastră mediu	0,35...0,45
23	Hârtie albastră închis	0,05...0,10
24	Hârtie cenușie închis	0,01...0,05
25	Hârtie neagră	0,03
26	Ecran de pânză albă	0,70...0,80
27	Tencuială de ipsos	0,40...0,45
28	Tencuială obișnuită	0,25
29	Țiglă nouă	0,25...0,35
30	Țiglă veche	0,05...0,10
31	Lemn de arțar	0,40...0,50
32	Lemn de stejar	0,30...0,50
33	Lemn de nuc	0,10...0,30
34	Lemn băițuit	0,10...0,30
35	Granit	0,44
36	Nisip obișnuit	0,21
37	Pământ	0,08...0,20
38	Pomi vara	0,03...0,05
39	Suprafețe verzi în natură	0,03...0,10
40	Strat de nori	0,80
41	Zăpadă curată	0,80
42	Stofă neagră	0,001...0,002
43	Catifea neagră	0,002...0,008
44	Îmbrăcăminte de culoare deschisă	0,17

REZOLVĂRI VOLUMETRICE PARTICULARE

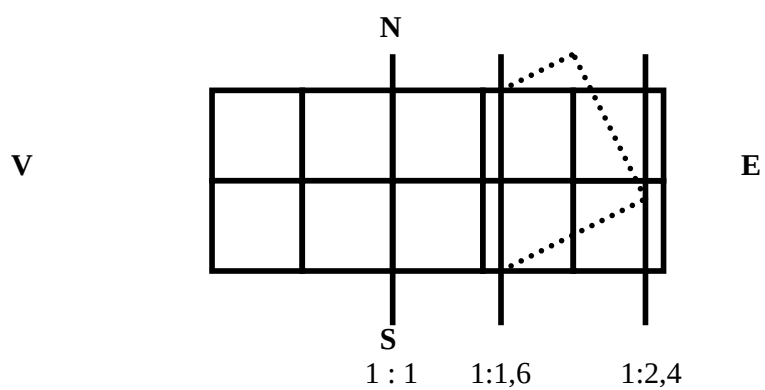


Fig. 7.5.1

Raportul limită de 1: 2,4 dintre laturile dreptunghiului ipotetic ce delimitează aria construită devine eficient prin schimbarea de direcție S – E

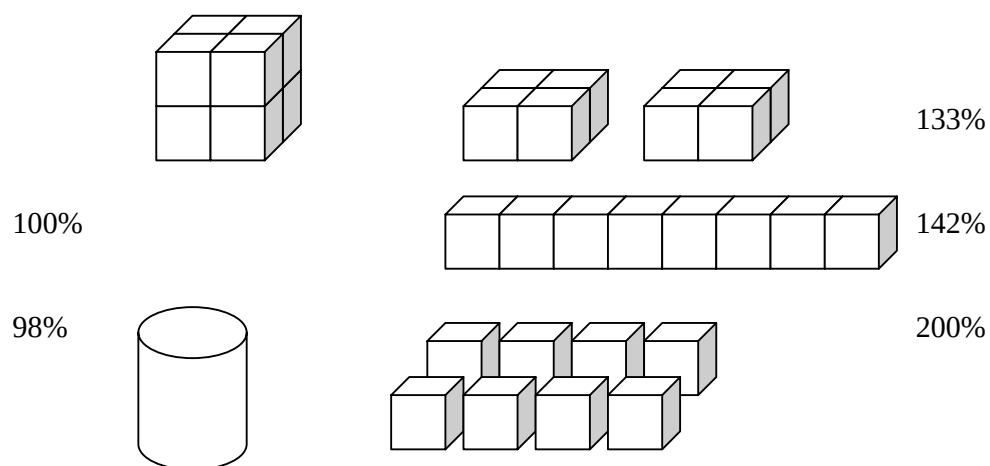


Fig. 7.5.2

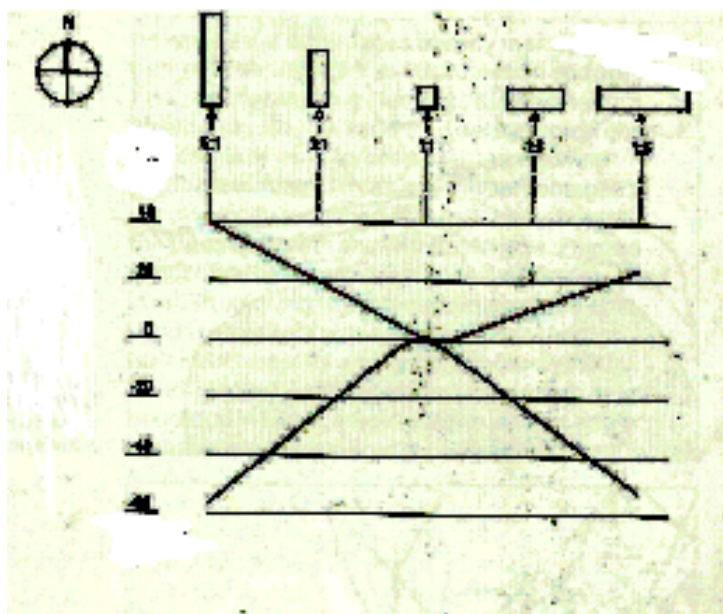


Fig. 7.5.3

Graficul pune în evidență exprimat în procente pierderea și câștigul de căldură pentru o clădire a cărei formă în plan este dreptunghiulară sau pătrată, în funcție de orientarea cardinală

PERFORMANȚA TERMICĂ A ANVELOPEI

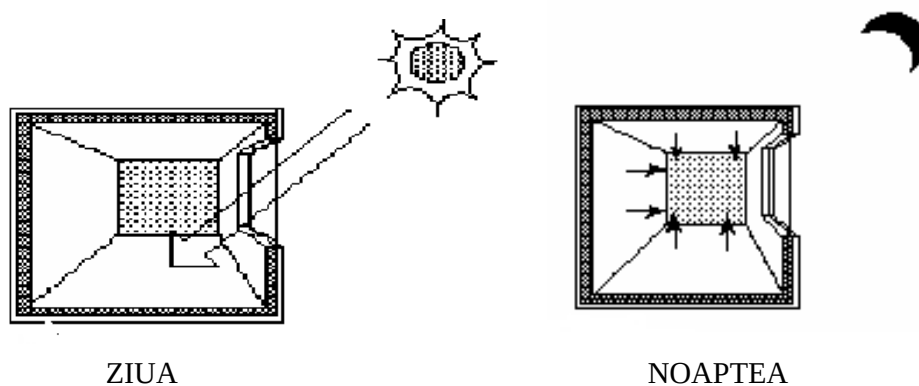


Fig. 7.6.1

Suprafață de fereastră orientată spre Sud și masa termică care stochează căldura pe timpul zilei și o cedează spațiului funcțional pe timpul nopții

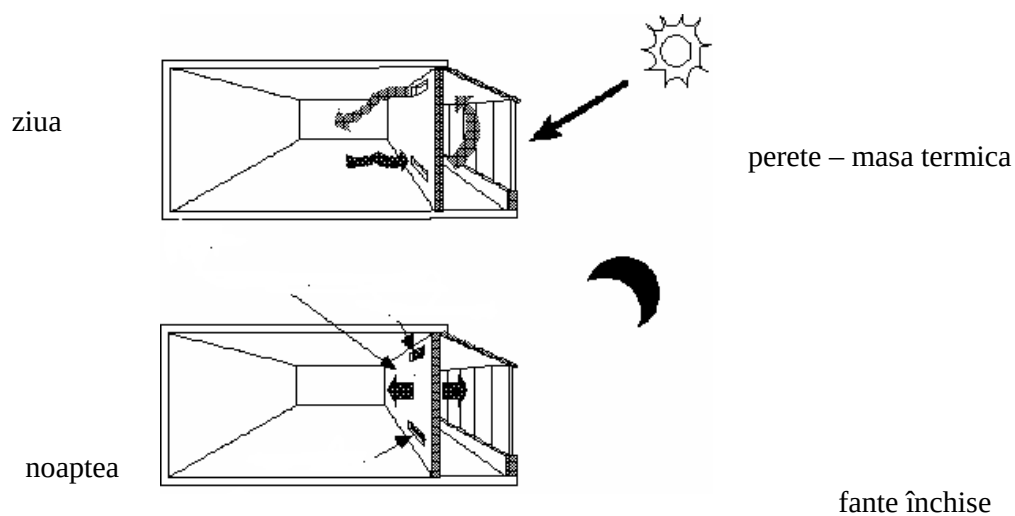


Fig. 7.6.2

Sistemul de câștig de căldură izolat. Spațiu solar (seră).
Operare pe timp de zi și în timpul nopții

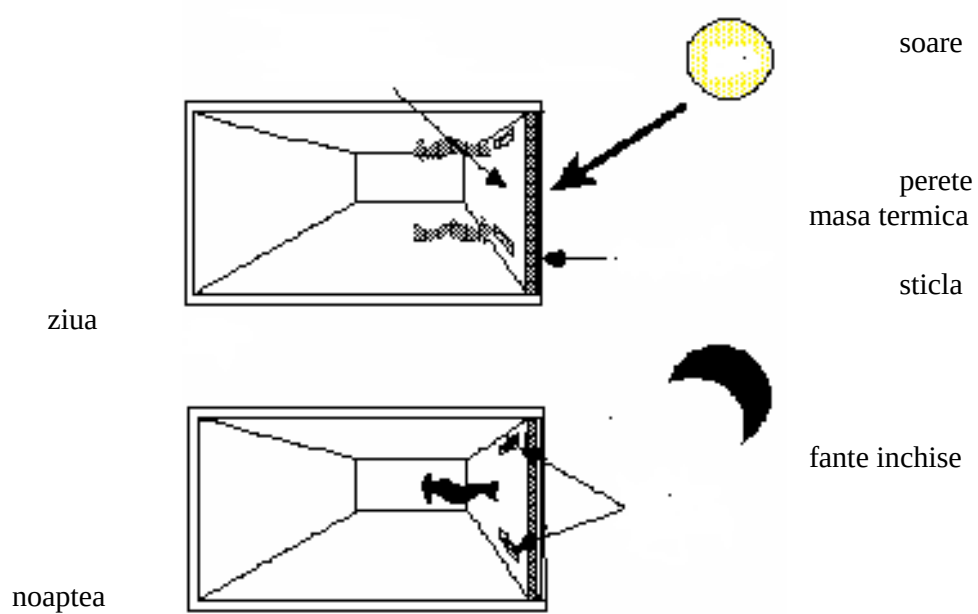


Fig. 7.6.3
Modul de operare al unui perete – masă termică sau perete Trombe
pe timpul zilei și pe timpul nopții

OPTIMIZAREA LUMINĂRII NATURALĂ A SPAȚIILOR INTERIOARE

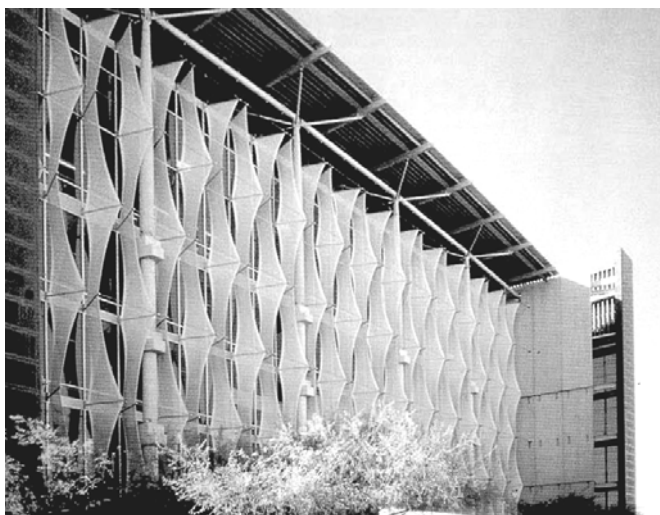


Fig. 7.7.1
Dispozitive de umbrire pe fațada orientată spre Vest

TIPURI DE SPAȚII INTERIOARE



Fig. 7.8.1
Tip de atrium spinal

Spații care comunică aflate sub un luminator central

CLASIFICAREA CLĂDIRILOR ÎN RAPORT CU POZIȚIA ÎN MEDIUL CONSTRUIT

7.1.1 Amplasamentul

Proiectul clădirii și proiectul de amenajare peisageră sunt un răspuns la microclimatul local și la problemele de mediu specifice amplasamentului.

Alegerea amplasamentului trebuie să se facă pe bază criterială. La apariția unei noi funcțiuni pe un amplasament trebuie păstrat specificul amplasamentului.

Clădirea se poate afla sau poate fi construită pe un amplasament care prezintă următoarele caracteristici :

- în zonă preponderent antropizată – structură urbană istoric constituită;
- în zone antropizate în care se pot evidenția aspecte și criterii ecologice, fie ale dezvoltării urbane locale (țesut urban nou constituit sau în curs de structurare – suburbii), fie în cadrul așezărilor rurale, fie în zone în care predominante sunt caracteristicile geosistemului natural, puțin alterat de acțiunea de antropizare.

Clădirea trebuie să fie astfel situată pe amplasament și configurată spațial - volumetric încât:

- să fie utilizate toate oportunitățile solar pasive pentru încălzirea, răcirea și luminare naturală a spațiilor interioare;
- să se limiteze suprafețele din amplasament ocupate de parcaje și de drumurile de acces;
- să se adopte strategia proiectării solare pasive atât pentru amenajarea peisageră cât și pentru clădire.

Orientarea spațiilor interioare funcționale ale clădirii și a spațiilor deschise exterioare față de punctele cardinale trebuie realizată astfel încât:

- să se asigure optima luminare naturală a încăperilor și câștigul de căldură necesar;
- să se beneficieze de un câștig maxim de energie solară captată în sistem pasiv și să poată fi controlată însorirea nedorită (și datorită vegetației, a formele de relief sau a vecinătăților construite);
- să se poată reduce pierderile de căldură datorate infiltrațiilor de aer (controlul direcției vântului);
- se se poată asigura ventilarea naturală.

Este necesar să se întocmească proiectul de arhitectură peisageră pentru utilizarea vegetației native care are ca avantaje directe: conservarea apei, reducerea cantității de pesticide, reducerea mortalității plantelor și cost de întreținere redus și pentru selectarea acelor copaci care plantați lângă clădire să nu aducă, în timp, mari daune fundațiilor sau acoperișurilor, prin creșterea rădăcinilor sau prin creșterea coroanei. În general, copacii și iarba contribuie la creșterea umidității și reduc impactul pe care ploile torențiale îl pot produce în imediata vecinătate a clădirii.

Trebuie să se propună prin proiectul de amenajare peisageră umbrirea pe cel puțin 30% a suprafețelor amenajate pentru parcaje, pietonale, locuri de odihnă și să fie utilizate materiale și culori reflectante cel puțin pe o suprafață de 30%.

O asemenea strategie aplicată la nivel urban poate conduce la 50% reducere din necesarul de căldură al unei construcții care în condiții vitrege de microclimat beneficiază de măsurile de izolare higrotermică optimă.

7.1.2 Orientarea clădirii în raport cu punctele cardinale și față de vântul dominant

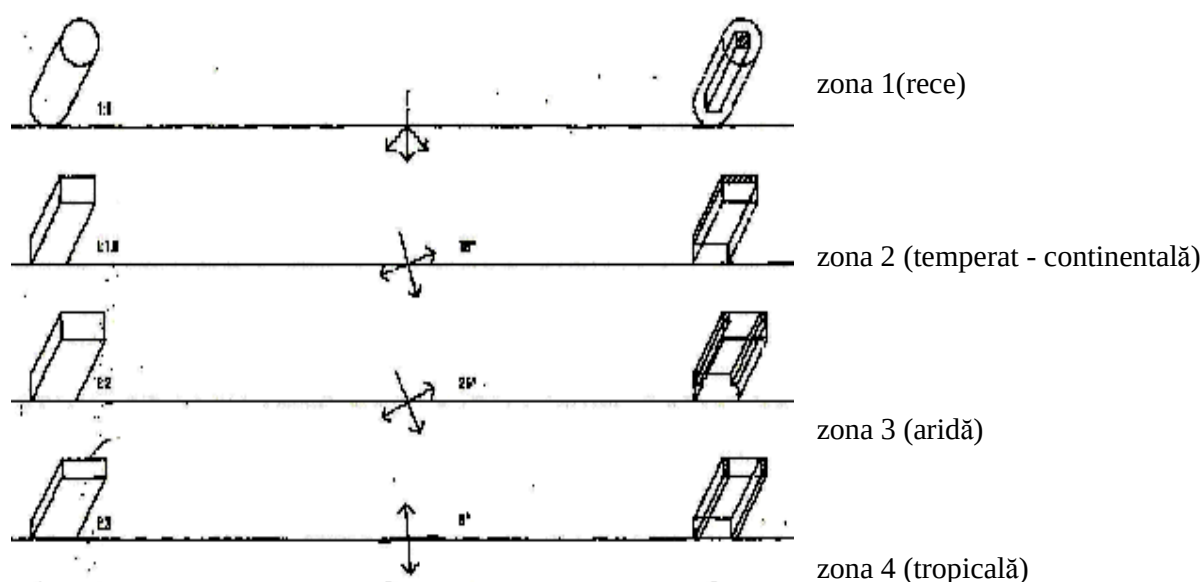


Fig. 7.1.2.1

Orientarea clădirii în raport cu punctele cardinale

1	2	3
Formă	Orientare	Amplasarea spațiilor tampon

Cea mai favorabilă orientare a unei clădiri multietajate (Fig. 7.1.2.1) aflată în zona temperat - continentală, indiferent că este vorba de clădiri rezidențiale sau publice, este aceea în care axul lung al clădirii este orientat Est-Vest, în așa fel încât axul transversal perpendicular pe acesta să facă un unghi de 18° spre Est față de axul Nord-Sud, cu preocuparea pentru asigurarea umbririi, pe timp de vară, pe fațada lungă orientată spre Sud-Est. Fațadele scurte vor fi orientate spre Nord-Est și Sud-Vest și este de preferat ca o fațadă orientată Vest să nu prezinte ferestre.

Excepție fac clădirile situate în siturile urbane aglomerate în care nu s-a ținut cont de climat sau în siturile în care vederea spectaculoasă, care se deschide spre peisaj, contrazice orientarea cardinală favorabilă. Se recomandă decupajul volumetric controlat pentru adoptarea unor soluții specifice proiectării solar - pasive.

Însorirea spațiilor funcționale este foarte importantă din punct de vedere igienico-sanitar mai ales în cazul locuințelor și a programelor arhitecturale pentru învățământ.

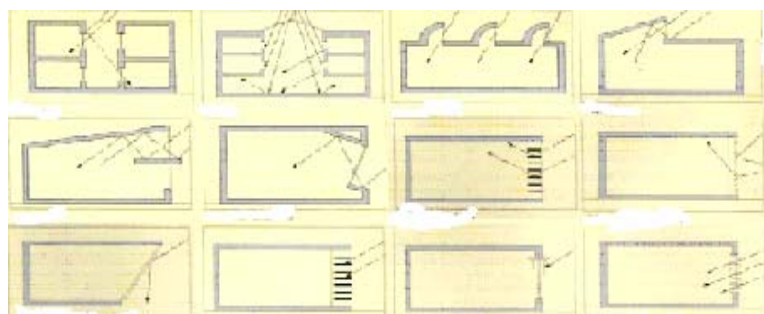


Fig. 7.1.2.2

Soluții utilizate în optimizarea luminării naturale a spațiilor interioare

Optimizarea luminării naturale a spațiilor interioare se poate realiza prin:

- configurarea spațial – volumetrică și strategia de proiectare privind controlul luminii care pătrunde în interiorul spațiilor (luminatoare, geometria ferestrelor, sisteme de redirectionare a luminii, diferite tipuri de atrium, curți interioare);
- utilizarea dispozitivelor de umbrire cum sunt copertinele amplasate pe fațada orientată spre Sud, utilizarea lamelor verticale reglabile spre Est și Vest (Anexa 7.7) și / sau utilizarea vegetației care permite luminii naturale să pătrundă în interiorul spațiilor având și efect în reducerea strălucirii și a supraîncălzirii;
- utilizarea sistemelor, integrate tâmplăriei sau montate pe tavanul încăperii, de deflecție a luminii / tavane reflectorizante – în scopul de a permite luminii naturale să pătrundă în adâncimea spațiului încăperii (însoțită de un studiu necesar pentru evitarea strălucirii sau contrastului excesiv);
- selectarea geamurilor în funcție de factorul de transmisie luminoasă;
- utilizarea senzorilor pentru controlul iluminatului electric în funcție de starea vremii, deci în funcție de cantitatea de lumină care pătrunde, în interiorul spațiilor, în timpul zilei;
- alte strategii și tehnologii utilizate în sporirea luminării naturale a spațiilor interioare.

Controlul luminării naturale este necesar în cazul unor programe arhitecturale cum sunt școlile; clasa pe plan pătrat necesită luminarea pe două laturi fie adiacente (golul pe a doua latură, cea opusă catedrei trebuie să reprezinte ca suprafață 1/3 din suprafața peretelui), fie opuse, fie suplimentarea pe o latură a suprafeței vitrate, cu ajutorul configurării spațiale a ferestrei. Controlul luminării naturale este necesară și în spațiile muzeale, atelierelor artiștilor plastici etc. care necesită luminare zenitală. Pentru unele încăperi cu destinație specială cum sunt laboratoarele, atelierelor de meșteșugărit este important ca ele să fie orientate și să primească lumină dinspre Nord. Pentru alte încăperi cum sunt bucătăriile din locuințe trebuie evitată orientarea spre Vest, în condițiile în care acest spațiu este utilizat mai ales după-amiezele. Mai puțin importante sunt aceste probleme în cazul spațiilor din cadrul programelor arhitecturale de cazare – tranzit sau temporare. În cazul clădirilor de birouri luminarea naturală s-a dovedit foarte importantă sub aspect psihologic și aceasta a condus la găsirea unor rezolvări particulare prin introducerea atriumurilor în cazul clădirilor compacte rezolvate pe plan în adâncime (cunoscut ca spațiu al biroului peisager sau spațiu deschis etc.). Este importantă proiectarea unor clădiri cu înaltă capacitate de stocaj, dar cu posibilități de ventilare ziua și mai ales noaptea în sezonul cald; experiența în domeniu arată că sunt preferate și construcțiile cu posibilități de stocaj mediu, fără alte măsuri adiționale de ventilare.

Vântul este perceput la nivelul solului sau la înălțimea omului ca rafală de vânt; viteza și direcția sa se modifică mult în timp și funcție de caracteristicile spațiale.

Elementele din peisaj și felul în care acestea se succed sau se combină, indiferent că este vorba despre relief, oraș sau alte tipuri de așezări influențează sistemul complex de impact al vântului în foarte multe feluri. Sistemul vânturilor locale este în mare parte generat de diferențele de temperatură ale aerului deasupra pământului sau deasupra apei, în văi sau pe pantele delurilor sau munților, funcție de orele zilei sau ale nopții, funcție de orientarea cardinală a formelor de relief. Distribuția verticală a temperaturii aerului în atmosferă este un alt factor important. Profilul vertical dat de viteza constantă a vântului este diferit în oraș față de zonele verzi din proximitatea lui. În proiectul pentru o nouă așezare schemele de analiză a direcției vântului și a brizelor au devenit operaționale prin studiile sistemului de vânturi și brize: vânturi cauzate de inversiuni termice, brize – zi / noapte, brize – munte / vale etc.

Interacțiunea dintre curenții de aer și suprafețele clădirilor este un fenomen foarte complex și greu de calculat. Poate fi predictibilă, însă, prin testarea machetelor în tunelul de vânt. Testele trebuie făcute înainte ca peisajul urban să sufere alterări majore. Se recomandă testarea clădirilor de dimensiuni mari, a clădirilor ale căror fațade prezintă deschideri de mari dimensiuni, au fațade curbe sau primesc pe fațade alte tipuri de tehnologii fie ele de umbrire, fie integrate anvelopei.

Deasemenea se recomandă testarea pe machetă în tunelul de vânt a unui grup de clădiri, care prezintă zonele exterioare dintre ele amenajate mai ales acolo unde se vor amplasa fântâni, paravane spălate de apă, suprafețe de apă cu rol ecologic etc.

Tehnologia computerizată avansată este un instrument pentru simularea mișcărilor aerului în interiorul spațiului construit în funcție de condițiile exterioare privind: viteza vântului, geometria clădirii, mediul construit înconjurător, temperaturile interioare și exterioare, tipul și gradul de permeabilitate al anvelopei.. Utilizarea corectă a vântului și a presiunii exercitate asupra anvelopei pot conduce la ventilarea naturală chiar și în cazul clădirilor foarte înalte sau foarte joase.

Pentru zonele urbane au fost evidențiate prin studii efectele locale nefavorabile pentru construcții și spațiile dintre ele: efectul Wise, efectul Venturi, efectul de piramidă, efectul de incintă, efectul de canal etc.

Plantele în general și copacii în mod special produc răcirea prin evaporare pe timpul verii, dar efectul psihologic poate fi socotit mult mai important decât influența asupra temperaturii exterioare și implicit din interiorul clădirii. Copacii cu coroană bogată au efect de umbră pe timpul verii și lasă razele Soarelui să însorească clădirea pe timpul iernii, perioadă în care își pierd frunzele. Acești copaci, plantați în imediata vecinătate a clădirii, ajută eficient în realizarea controlului pasiv al umbririi.

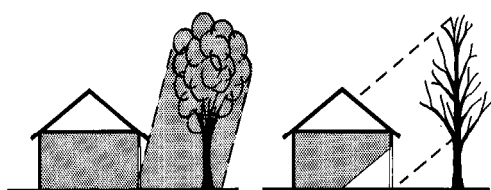


Fig.7.1.2.3.
Plantațiile - Efecte de umbră și de însorire

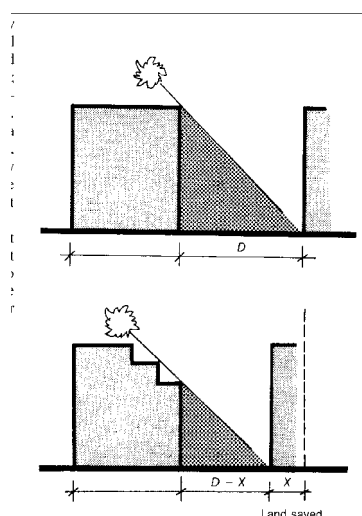


Fig. 7.1.2.4
Controlul secțiunii clădirilor în zonele aglomerate urbane caracterizate prin densitatea construcțiilor

**CALCULUL NUMERIC AUTOMAT – METODA DE CALCUL PENTRU
DETERMINAREA REZISTENȚELOR TERMICE CORECTATE – VALIDAREA
PROGRAMELOR DE CALCUL**

**PROGRAME GENERALE ȘI PROGRAME DE TIP EXPERT PENTRU EVALUAREA
AUTOMATĂ A PERFORMANȚEI TERMOENERGETICE A CLADIRILOR SAU A
UNOR PĂRȚI DIN ACESTEA**

**1. PRINCIPALELE CATEGORII DE PROGRAME DE CALCUL AUTOMAT
pentru determinarea câmpului de temperaturi, a câmpului de presiuni a vaporilor de
apă, a fluxurilor de căldură și a celorlate mărimi termotehnice derivate din acestea, în
vederea evaluării performanței energetice a clădirilor**

**Programe de calcul elaborate în România și utilizate în practica curentă de cercetare și
proiectare începând cu anul 1978**

1.1. REGIMUL TERMIC STAȚIONAR

1.1.1. CÂMPUL DE TEMPERATURĂ

- a. Calcul unidirecțional (1-D) ;
- b. Calcul plan, bidimensional (2-D);
- c. Calcul spațial, tridimensional (3-D) ;

**1.1.2. CÂMPUL DE TEMPERATURĂ ȘI CÂMPUL DE DIFUZIE A
VAPORILOR DE APĂ**

- a. Calcul la condens unidirecțional (1-D)
- b. Calcul la condens plan, bidimensional (2-D)
- c. Calcul la condens spațial, tridimensional (3-D)

**1.1.3. CALCULUL NELINIAR AL CÂMPULUI DE TEMPERATURĂ ȘI A
CÂMPULUI DE DIFUZIE A VAPORILOR DE APĂ-variația conductibilității
termice cu temperatura și umiditatea.**

- a. Calcul unidirecțional (1-D);
- b. Calcul plan, bidimensional (2-D);
- c. Calcul spațial, tridimensional (3-D);

1.2. REGIMUL TERMIC NESTAȚIONAR

1.2.1. CÂMPUL DE TEMPERATURĂ

- a. Calcul unidirecțional (1-D);
- b. Calcul plan, bidimensional (2-D);
- c. Calcul spațial, tridimensional (3-D);

**1.2.2. CALCULUL NELINIAR AL CÂMPULUI DE TEMPERATURĂ ȘI AL
CÂMPULUI DE DIFUZIE A VAPORILOR DE APĂ-variația conductibilității
termice cu temperatura și umiditatea.**

- a. Calcul unidirecțional (1-D);
- b. Calcul plan, bidimensional (2-D);
- c. Calcul spațial, tridimensional (3-D);

1.3. PROGRAME DE CALCUL TERMOTEHNIC AUTOMAT CU CARACTER GENERAL.

- a. Calculul coeficienților globali de izolare termică G și G_1 .
- b. Optimizare termoeenergetică.
- c. Trasarea izotermelor de referință pe fațadă clădirilor.
- d. Elaborarea și editarea certificatului energetic al clădirilor.
- e. Etc...

1.4. PROGRAME DE CALCUL CARE AUTOMATIZEAZĂ METODELE DE CALCUL MANUALE SAU METODELE APROXIMATIVE DE CALCUL (programe utilitare de calcul)

- a. Evaluarea prin metode aproximative a rezistența termice a elementelor anvelopei clădirii;
- b. Evaluarea prin metode aproximative a transmitanței termice a ferestrelor și ușilor;
- c. Etc...

2. STRUCTURA GENERALĂ A PROGRAMELOR DE CALCUL AUTOMAT

2.1. Generalități

Metodele de calcul de mare exactitate sunt cunoscute ca metode numerice (metoda elementelor finite, metoda fâșiilor finite, metoda diferențelor finite, metoda elementelor de frontieră, metoda bilanțului termic,...). Utilizarea acestor metode numerice presupune o subdivizare a clădirii analizate, pe baza unui set de reguli, în urma căreia se formează o rețea de calcul în nodurile căreia se scriu ecuațiile numerice adecvate. În urma rezolvării sistemului de ecuații se obțin temperaturi în nodurile rețelei de calcul și temperaturi în orice punct al elementului (prin interpolare). Pe baza câmpului de temperaturi, din distribuția temperaturilor se poate determina fluxul de căldură și celelalte mărimi termotehnice derivate din acestea necesare evaluării performanței energetice a clădirilor

2.2. Modelul geometric

În sistemul cartezian de coordonate, modelul geometric pentru calculul câmpului de temperaturi sau a câmpului de difuzie a vaporilor de apă se obține prin decuparea din elementul real a zonelor care prezintă interes pentru calcul. Alegerea planurilor de decupaj (principale de separare) și a dimensiunilor de calcul unde se poziționează acestea sau simplificarea modelului geometric se face cu respectarea regulilor de modelare prevăzute în documentele recomandate: C 107-2005/ Partea a 3-a și SR EN ISO 10211-1/1998, capitolul 5.

2.2.1. Subdiviziunile modelului geometric

Modelul geometric, cuprins între planurile de decupaj, se împarte cu ajutorul unor planuri de secționare (planuri secundare), formând rețeaua ortogonală de calcul a câmpului de temperaturi. Se prevăd, în mod obligatoriu, planuri de secționare între materiale cu caracteristici termotehnice diferite, în axul geometric al punților termice liniare sau punctuale, pe suprafețele elementului, precum și în zonele în care se modifică condițiile de contur.

Pașii rețelei de calcul **NrPași**, diferiți pe fiecare direcție a sistemului cartezian de discretizare, precum și necesitatea modificării acestora (îndesirea rețelei de calcul), se efectuează în conformitate cu prevederile din documentele recomandate C 107-2005/ Partea a 3-a, Aexa J, punctul 3 și SR EN ISO 10211/1-98, capitolul 5.

2.2.2. Descrierea modelului geometric și amplasarea rețelei de discretizare (de calcul):

- pentru detalii care conțin în componența lor și elemente metalice, programul de calcul trebuie să permită utilizarea pașilor de discretizare de ordinul 1.0 mm sau 0.1 mm ;
- amplasarea rețelei se face manual, fișiere text (Programe de categoria A).
- amplasarea rețelei se realizează în mod grafic (Programe de categoria B)
- amplasarea rețelei se realizează automat de către program (Programe de categoria C);

2.2.3. Numărul minim total de pași de calcul ai rețelei de discretizare, pentru diverse categorii de programe de calcul automat, rezultat în urma experienței acumulate în practica curentă de cercetare și proiectare, $NrPași_{tot}$:

2.2.3.1. Calcul plan, bidimensional (2-D)

- a) Programe de calcul pentru detalii constructive
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY \geq 4.000$;
- b) Programe de calcul pentru elemente decupate din anvelopa clădirii, de lățimea sau înălțimea unei încăperi
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY \geq 15.000$;
- c) Programe de calcul pentru pentru o fațadă a clădiri (secțiune orizontală)
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY \geq 80.000$;
- d) Programe de calcul pentru pentru o secțiune orizontală prin întreaga clădire sau pentru o secțiune verticală prin clădire (inclusiv prin sol)
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY \geq 200.000$;

2.2.3.2. Calcul spațial, tridimensional (3-D)

- a) Programe de calcul pentru detalii constructive
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY * NrPașiZ \geq 20.000$;
- b) Programe de calcul pentru un element decupat din anvelopa
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY * NrPașiZ \geq 200.000$;
- c) Programe de calcul pentru pentru o fațadă a clădiri (inclusiv prin sol)
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY * NrPașiZ \geq 500.000$;
- d) Programe de calcul pentru pentru întreaga clădire (inclusiv prin sol)
 $NrPași_{tot} = NrPașiX * NrPașiY * NrPașiZ \geq 2.400.000$;

2.4. Parametrii climatici de calcul

Calculul câmpului de temperaturi se va face pe baza temperaturilor la limită prevăzute în documente recomandate: C 107-2005/ Partea a 3-a, cap. 5 și SR EN ISO 10211/1-98, cap. 6, cu următoarele precizări :

- planurile orizontale și verticale de decupaj sunt adiabactice (flux termic nul pentru sistem) cu excepția din cap.6.1.3 din SR EN ISO 10211/1-98;
- temperatura în interiorul spațiilor neîncălzite va fi egală cu temperatura T_u rezultată dintr-un calcul de bilanț termic;

Amplitudinea de variație sinusoidală a temperaturii aerului exterior stabilită la nivel național;

Variația orară a temperaturii aerului exterior stabilită la nivel național;

Variația orară a intensității radiației solare directe și difuze stabilită la nivel național;

Viteza de circulație a aerului exterior stabilită la nivel național;

Umiditățile relative de calcul ale aerului interior și exterior vor fi utilizate cele prevăzute în documentele recomandate: C 107-2005/ Partea a 3-a, și SR EN ISO 13788.

Presiunea atmosferică, care influențează parametrii de calcul la condens, stabilită la nivel național;

2.5. Caracteristicile termotehnice de calcul

Conductivitățile termice de calcul ale materialelor de construcție, a straturilor de aer și a condițiilor pentru luarea în considerație a materialelor cvasiomogene din componența structurii elementului de construcție, densitatea aparentă și căldura specifică, se vor lua în calcul în conformitate cu prevederile din documentele recomandate: SR EN ISO 10456, anexa A, C 107-2005/ Partea a 3-a și SR EN ISO 10211-1/1998;

Conductivitățile termice de calcul ale terenului din sol se vor lua în conformitate cu prevederile din documentele recomandate: C 107-2005/ Partea a 3-a și SR EN ISO 13370-2003;

Rezistența termică superficială interioară R_{si} și exterioară R_{se} sunt cele precizate în normativele amintite mai sus, pentru fiecare caz în parte.

Conductivitățile termice variabile cu temperatura și umiditatea se vor lua în considerare cele din agrementele tehnice pentru materiale, cataloage de prezentare a produselor sau din literatura de specialitate.

2.6. Introducerea datelor de intrare:

- introducere manuală, fișiere text (Programe de categoria A)
- introducere grafică (Programe de categoria B și C)

2.7. Ecuațiile de echilibru energetic

Sistemul de ecuații va fi generat de către programul de calcul, în mod automat, prin scrierea ecuațiilor de echilibru energetic în nodurile rețelei de calcul, pe baza caracteristicilor rețelei de discretizare și pe baza caracteristicilor termotehnice ale materialelor amplasate în jurul nodurilor rețelei. Pentru rezolvarea sistemului de ecuații se pot utiliza metode directe de rezolvare sau metode iterative de rezolvare. În cazul metodelor iterative de rezolvare a sistemului de ecuații se vor preciza criteriile de convergență a rezultatelor și precizia cu care programul efectuează calculele $\epsilon_{\max}$:

- diferența maximă a temperaturii în nodurile rețelei între două iterații succesive;
- abaterea maximă de la valoarea 0 a echilibrului energetic în nodurile rețelei.

2.8. Alocarea memoriei de calcul

Programul de calcul trebuie să permită alocarea dinamică a memoriei calculatorului pentru stocarea datelor de intrare, a datelor necesare rezolvării sistemului de ecuații și a datelor cu rezultatele obținute, salvarea și stocarea imaginilor grafice cu rezultate.

2.9. Raportul cu rezultate

- Programe de categoria A, rezultatele de calcul sunt prezentate tabelar.
- Programe de categoria B și C, rezultatele de calcul sunt prezentate tabelar și grafic sub formă de:
 - o suprafețe izoterme
 - o curbe izoterme
 - o suprafețe izoflux

3. CARACTERISTICI TEHNICE MINIMALE PENTRU PRINCIPALELE CATEGORII DE PROGRAME DE CALCUL HIGROTERMIC

3.1. Regimul termic staționar

a. Date de intrare pentru program :

- condiții geometrice (formă și dimensiuni, amplasarea punților termice , ...);
- caracteristicile termotehnice de calcul ale materialelor, cu valori constante în timp și care nu depind de temperatură și umiditate;
- caracteristicile termotehnice de calcul ale pământului din sol (daca este cazul);
- condiții de contur, cu valori constante în timp :
 - temperatura de calcul a aerului interior Θ_i ;
 - temperatura de calcul a aerului exterior Θ_e ;
 - temperaturile de calcul la limita aplicate (în număr nelimitat) Θ_u ;
 - coeficienții de schimb superficial de căldură pe fața interioară h_i ;
 - coeficienții de schimb superficial de căldură pe fața exterioră h_e ;
 - sau
 - rezistențele termice superficiale interioare R_{si} ;
 - rezistențele termice superficiale exterioare R_{se} ;
 - suprafețele pe care se aplică valorile pentru: h_i , h_e sau R_{si} , R_{se} ;
 - umiditatea relativă a aerului ϕ_i ;

b. Date de ieșire pentru program (rezultate):

- câmpul de temperatură în nodurile rețelei de calcul;
- valorile câmpului de temperatură în oricare punct al elementului (interpolare bidimensională sau tridimensională);
- temperaturile minime, medii și maxime pe suprafețele elementului $\Theta_{si,min}$, $\Theta_{si,med}$, $\Theta_{si,max}$;
- localizarea punctelor cu temperatură minimă $\Theta_{si,min}$;
- factorul de temperatură pe suprafața interioară f_{Rsi} ;
- raportul diferențelor de temperatură ζ_{Rsi} ;
- fluxul de căldură Φ ;
 - densitate de flux q ;
 - rezistențe termice minime, medii și maxime R_{min} , R_{med} , R_{max} ;
 - rezistența termică specifică corectată R' ;
 - coeficientul de cuplaj termic L ;
 - coeficientul de cuplaj termic L^{2D} ;
 - coeficientul de cuplaj termic L^{3D} ;
 - coeficientul liniar de transfer de căldură Ψ ;
 - coeficientul punctual de transfer de căldură χ ;
 - alte mărimi fizice derivate ...;

c. Condiții de convergență pentru rezolvarea sistemului de ecuații

- echilibrul energetic al fluxurilor termice în fiecare nod j al rețelei de calcul, aflat în interiorul elementului sau pe suprafața acestuia, $\Sigma \Phi_j = 0$;
- echilibrul energetic al fluxurilor termice de pe fața interioară cu cele de pe fața exterioră a elementului $\Phi_{si} = \Phi_{se}$;

3.2.Regimul termic nestaționar

a. Date de intrare pentru program :

- condiții geometrice (formă și dimensiuni, amplasarea punților termice , ...);
- caracteristicile termotehnice de calcul ale materialelor, cu valori constante în timp și care nu depind de temperatură și umiditate;
- caracteristicile termotehnice de calcul ale pământului din sol (daca este cazul);
- condiții de contur, cu valori variabile în timp :
 - amplitudinea de variație sinusoidală a temperaturii aerului exterior $A\Theta_e$;
sau
 - temperatura orară de calcul a aerului exterior Θ_e , pentru perioade de minimum un an de zile;
 - temperaturile orare de calcul aplicate la limita (în număr nelimitat) Θ_u ;
 - intensitatea orară de calcul a radiației solare, directe I_D și difuze I_d , pe orientari cardinale;
 - intensitatea orară de calcul a aporturilor interne de căldură convective $\Phi_{I,c}$ și radiative $\Phi_{I,r}$;
 - rata orară a ventilării : pentru îmborsăpătarea aerului, naturale datorită infiltrațiilor și a ventilării mecanice h^{-1} ;
 - temperatura aerul care se introduce în încăperea în cazul ventilării mecanice Θ_{av} ;
 - proprietățile straturilor care compun vitrajul : τ_j , e_j și ρ_j ;
 - proprietățile emise ale straturilor de finisaj interior și exterior : e_i și e_e ;
 - parametrii solari :
 - o factorul de însorire fs ;
 - o factorul de aport solar pentru aer f_{sa} ;
 - o factorul de reflectare solară a încăperii f_{sl} ;
 - o factorul de repartitie solară pentru suprafețele interioare fd ;
 - o absorbanta solară a suprafețelor exterioare verticale și orizontale α_{sr}
 - coeficienții de schimb superficial de căldură pe fațele interioare h_{ci} , h_{ri} ;
 - coeficienții de schimb superficial de căldură pe fața exterioară h_{ce} , h_{re} ;
 - umiditatea relativă a aerului ϕ_i și ϕ_e ;

b. Date de ieșire pentru program (rezultate):

- câmpul de temperatură variabil în nodurile rețelei de calcul pentru fiecare pas de timp de calcul;
- valorile câmpului de temperatură în oricare punct al elementului (interpolare);
- temperaturile minime, medii și maxime pe suprafețele elementului $\Theta_{si,min}$, $\Theta_{si,med}$, $\Theta_{si,max}$;;
- localizarea punctelor cu temperatură minimă $\Theta_{si,min}$;
- amortizarea și defazajul amplitudinii de variație sinusoidală a temperaturii aerului exterior $A\Theta_e$;
- valorile variabile ale temperaturii aerului interior Θ_a , $\Theta_{a,min}$, $\Theta_{a,med}$, $\Theta_{a,max}$;
- valorile variabile ale temperaturii operative Θ_{op} , $\Theta_{op,min}$, $\Theta_{op,med}$, $\Theta_{op,max}$;
- temperatura interioara pe timp de iarnă sau pe timp de vară în încăperea sau clădiri neclimatizate, curbele de încălzire răcire ale unei încăperea sau clădiri Θ_a sau Θ_{op} ;
- fluxul de căldură variabil pierdut prin elementul de construcție Φ ;
- fluxul de căldură variabil din radiație solară intrat în încăperea prin suprafețele vitrate Φ_s ;
- fluxul de căldură variabil consumat pentru îmborsăpătarea aerului, datorită infiltrațiilor și a ventilării mecanice Φ_v ;

- necesarul variabil de energie pentru încălzirea încăperii sau clădirii pe timp de iarnă Q_i și necesarul anual de energie Q_i^{an}
- necesarul variabil de energie pentru ventilarea încăperii sau clădirii pe timp de vară Q_v și necesarul anual de energie Q_v^{an}

d. Condiții de convergența pentru rezolvarea sistemului de ecuații

- incrementul de timp de calcul $\Delta t = \Delta t_{min}$ din condiții de convergența a soluției în fiecare nod al rețelei de calcul;
- echilibrul energetic al fluxurilor termice în fiecare nod j al rețelei de calcul, nod aflat în interiorul elementului sau pe suprafața acestuia, cu cantitatea de căldură acumulată în nod $\Sigma \Phi_j = c * \rho * \frac{\delta \theta}{\delta t}$;
- echilibrul energetic al fluxurilor termice de pe fața interioară și cele de pe fața exterioară a elementului cu cantitatea de căldură acumulată în masa elementului de construcție $\Phi_{si} - \Phi_{se} = c * \rho * \frac{\delta \theta}{\delta t}$;

3.3. Programe de calcul pentru determinarea temperaturii interioare pentru evitarea umidității superficiale critice și condensului interior

a. Date suplimentare specifice de intrare pentru program :

- Permeabilitățile la vapori ale materialelor, presiunile de saturatie ale vaporilor de apă și umiditățile relative de calcul ale aerului interior și ale aerului exterior se vor utiliza cele prevăzute în documentele recomandate: C 107-2005/ Partea a 3-a și SR EN ISO 13788.

b. Date de ieșire pentru program (rezultate):

- câmpul de temperatură în nodurile rețelei de calcul;
- câmpul de difuzie a vaporilor de apă în nodurile rețelei de calcul;
- cantitatea de apă condensată în element pe perioada rece a anului;
- cantitatea de apă evaporată din element pe perioada caldă a anului;
- gradul de umezire suplimentară a straturilor de material termoizolant;

3.4. Calculul neliniar în regim termic staționar sau nestaționar

a. Date suplimentare de intrare pentru program :

- caracteristicile termotehnice de calcul ale materialelor, cu valori variabile în timp și care depind de temperatură și umiditate, se utilizează date din agrementele tehnice și din literatura de specialitate.

b. Date de ieșire suplimentare pentru program (rezultate):

- valorile variabile ale caracteristicilor termotehnice de calcul ale materialelor, pentru diverși pași ai timpului de calcul și la sfârșitul duratei de calcul.

4. VALIDAREA REZULTATELOR OBȚINUTE CU AJUTORUL PROGRAMELOR DE CALCUL AUTOMAT

Programele de calcul și alte produse informatice existente în utilizare curentă, nou achiziționate sau a noilor programelor de calcul concepute pentru determinarea câmpului de temperaturi, a câmpului de presiuni a vaporilor de apă, a fluxurilor de căldură, a necesarului de energie pentru încălzire și ventilație și a celorlate mărimi termotehnice derivate din acestea, în vederea evaluării performanței

energetice a clădirilor, se validează pentru utilizare pe teritoriului României pe baza metodologiei naționale de validare și agrementare a produselor informatice pentru calcule termotehnice.

Metodologia națională de validare și agrementare precizează condițiile, etapele și procedura de validare a programelor de calcul automat, existente sau a programelor nou concepute pentru evaluarea performanței termoeenergetice a clădirilor sau a unor părți din acestea, pe baza testelor naționale specifice de validare a diverselor categorii de programe de calcul.

Până la definitivarea metodologiei naționale de validare și agrementare a programelor de calcul automat enumerăm câteva teste de validare, existente în normativele de specialitate disponibile, cu precizarea că unele dintre acestea au un caracter aplicativ limitat :

- **Programe de calcul in regim staționar pentru calcule (1-D):**
 - o Calculul factorilor de transmisie solară și luminoasă : testele de validare Anexa C din EN 13363-2:2005 (informativă);
- **Programe de calcul in regim staționar pentru detalii constructive sau pentru elemente decupate din anvelopa clădirii, (2-D) și (3-D)**
 - o pe baza testelor de validare din Anexa A, cap A.1. și A.2. din SR EN ISO 10211/1-98 (normativă);
 - o pe baza testelor de validare din Anexa D, din EN ISO 10077/2-2003 (normativă);
- **Programe de calcul in regim nestaționar, cu neglijarea punților termice și a stocajului termic în acestea, cu luarea în considerare a suprafețelor care limitează încăperea ca suprafețe izoterme, pentru calcule (1-D), cu un montaj in schema electrică spațială :**
 - o Calculul temperaturii interioare a unei încăperi în timpul verii, fără climatizare: testele de validare (informativă) cuprinse în SR EN ISO 13791:2006.
 - o Calculul energiei pentru încălzirea și ventilarea spațiilor : testele de validare cap.8. și criterii de validare cap.9. WI_17_PrEN 15265:2005 (normativă);
- **Programe de calcul in regim staționar, in regim nestaționar, de calcul la condens sau cele de calcul neliniar, (2-D) și (3-D), care analizează secțiuni complexe prin anvelopa ce depășesc dimensiunile unei încăperi sau care analizează clădirea în ansamblul ei, vor fi omologate pe baza testelor naționale de validare a programelor de calcul.**

DATE MINIMALE CONȚINUTE DE DOCUMENTAȚIA TEHNICĂ DE PREZENTAREA A PROGRAMELOR DE CALCUL AUTOMAT SUPUSE COMISIEI DE VALIDARE

1. **Prezentarea fenomenului fizic real pe care îl abordează programul de calcul automat, stadiul actual de rezolvare pe plan național și internațional.**
2. **Descrierea modelului fizic de simulare a fenomenului fizic real analizat.**
3. **Prezentarea modelului matematic care îmbracă modelul fizic adoptat (ecuațiile analitice diferențiale aferente) .**
4. **Prezentarea detaliată a structurii datelor de intrare referitor la:**

Caracteristicile termotehnice ale materialelor componente

- conductivități termice de calcul
- densități
- caldura specifică
- factorul rezistenței la permeabilitate la vapori de apă
- variația conductivității termice cu temperatura și umiditatea
- emisivități
- etc..

Codii de contur

- temperaturi de calcul
- umidități de calcul
- rezistențe superficiale
- intensitatea radiației directe și difuze
- viteza vântului
- presiunea atmosferică
- orientarea cardinală a elementului de construcție (clădirii)
- etc...

4.3 Condiții geometrice pentru alegerea :

- planurilor de decupaj (adiabatic, simetrie sau de continuitate)
- planurilor auxiliare
- rețelei de calcul
 - numărul minim de pași de discretizare
 - condiții de indiesire a rețelei de calcul

4.4 Descrierea detaliată a algoritmului de calcul

- metoda numerică care îmbracă modelul matematic;
- metoda de rezolvare a modelului matematic;
- condiții de convergență a soluției sistemului;
 - precizia de calcul pentru temperaturi;
 - precizia de calcul pentru fluxuri termice:
 - în nodurile interioare;
 - în nodurile de pe fețele elementului;
 - pe ansamblul elementului studiat;
- modul de introducere sau de generare a datelor de intrare
- modul de generare a sistemului de ecuații
- resursele, soft și hard, necesare pentru utilizarea programului de calcul automat.

5. Conținutul raportului cu rezultatele obținute și modul de prezentare a acestora.

6. Manual de utilizare a programului de calcul automat, care să cuprindă:

- recomandări, limite și condiții de utilizare a programului de calcul;
- exemple numerice de calcul, cu datele de intrare și rezultatele obținute prezentate detaliat și în mod explicit;
- prezentarea modului de abordare și rezolvare a testelor normative de validare a programelor de calcul, concluzii desprinse;
- alte date utile comisiei de validare și viitorilor utilizatori.

7. Prezentarea reclamei comerciale, eventual a siglei, programului de calcul automat și a datelor de identificare a autorilor și a firmei/persoanelor de contact (maxim A4 pe ambele fețe).

NOTĂ

Metodologia care prevede condițiile, etapele și procedura de validare a programelor de calcul automat a performanței termooenergetice a clădirilor sau a unor părți din acestea este în curs de elaborare.

PERFORMANȚA TERMICĂ A FERESTRELOR UȘILOR ȘI OBLOANELOR

A. Prezentare generală

Suprafețele vitrate reprezintă o pondere însemnată din suprafața anvelopei clădirii. Suprafețele vitrate reprezintă zone cu permeabilități termice ridicate prin care se disipează în atmosferă un procent însemnat din energia termică consumată pentru încălzirea clădirilor (15 %-45%);

În mod operativ curent, transmitanța termică a elementelor vitrate se calculează prin metode simplificate (document de referință SR EN ISO 10077-1 “Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice. Partea 1 - Metodă simplificată”);

Pot fi întocmite tabele cu rezultate determinate în condiții statice pentru proprietățile fizice ale gazelor, ipoteza care se depărtează mult de caracterul neliniar și dinamic de interacțiune între temperatură și transferul radiativ și convectiv al căldurii prin sisteme vitrate. Pentru determinarea performanței termice a vitrajelor se recomandă utilizarea metodelor numerice bidimensionale (document de referință SR EN ISO 10077-2 “Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice. Partea 2 - Metodă generală”).

Datele conținute în tabelele care pot fi întocmite sunt utile și indispensabile pentru determinarea performanței termice a vitrajelor pentru activități de :

- proiectare a noilor clădiri
- în faza de expertizare a fondului de clădiri
- în faza de auditare a a fondului de clădiri
- la proiectarea reabilitării termice a clădirilor

Au fost determinate valori ale transmitanței termice a vitrajelor duble și triple, umplute cu diferite gaze, în condiții climatice medii multianuale: $\theta_e = 5^\circ\text{C}$, $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.

Pentru întocmirea tabelelor cu performanța termică a vitrajelor duble și triple, se utilizează metodele și documentele recomandate :

- EN 13363 pentru determinarea fluxurilor de căldură și a caracteristicilor solare și luminoase ale vitrajului și ale dispozitivelor de protecție solară,
- SR EN ISO 10077-2 metode numerice bidimensionale (2-D) pentru performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor.

Deteminarea fluxurilor de căldură și a caracteristicilor solare și luminoase ale vitrajului și ale dispozitivelor de protecție solară

1. Principiile de calcul

Ansamblul vitrajului și dispozitivele de protecție solară sunt compuse dintr-o succesiune de straturi de material separate de spații umplute cu de gaz. Straturile de de material sunt considerate omogene și cu conductivități termice care nu variază cu temperatura.

Fluxul de radiație solară și căldura sunt considerate că se transferă unidimensional. Pentru spațiile ventilate, expresiile convecției bidimensionale convertite în formule unidimensionale.

Straturile de material și spațiile sunt numerotate cu indicele j de 1 la n , spațiul n reprezintă mediul interior iar spațiul 0 mediul exterior extérieur. Modelul fizic nu limitează numărul de straturi.

Formulele de bază indicate pentru radiația solară și pentru transferul de căldură exprimă bilanțul energetic pentru fiecare strat.

Pentru rezolvarea sistemului dinamic neliniar de ecuații rezultat, este recomandată utilizarea un proces iterativ de calcul.

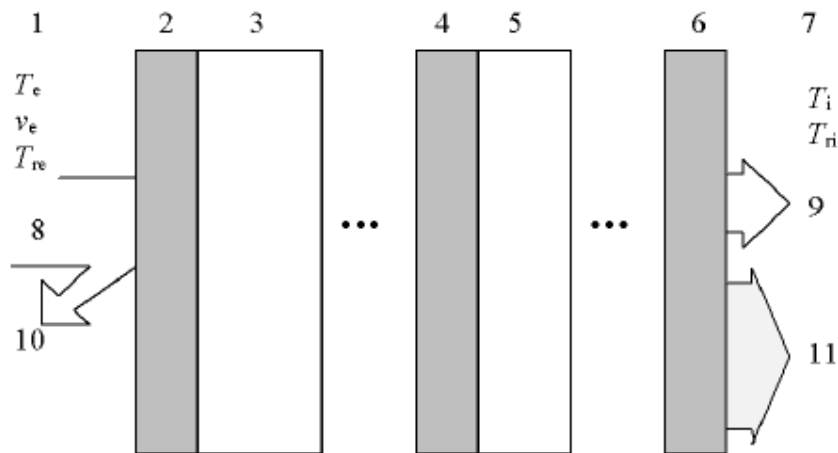


Fig. 1 . schema unui sistem constituit din straturi de material spații

Legenda

T_e	Temperatura aerului exterior	1 Exterior	8 Radiație solară
T_{re}	Temperatura radiantă exterioară	2 Stratul 1	9 Factor de transmisie solară și
v_e	Viteza vântului exterior	3 Spațiul 1	luminoasă directă
T_i	Temperatura aerului interior	4 Stratul j	10 Factor de reflexie solară și
T_{ri}	Temperatura radiantă interioară	5 Spațiul j	luminoasă directă
		6 Stratul n	11 Transfer termic radiativ și
		7 Interior	convectiv (direct și indirect)

NOTĂ Ambianța interioară și exterioară sunt caracterizate de temperatura aerului și de temperatura radiantă ; mediul exterior este caracterizat și de viteză vântului.

2. Caracteristicile optice și solare ale vitrajelor

Pentru fiecare lungime de undă λ și pentru fiecare strat al vitrajului j , asupra fluxul radiativ spectral normalizat I_j și I'_j se pot scrie următoarele ecuații de echilibru (Figura 2) :

$$\begin{aligned} I_j(\lambda) &= \tau_j(\lambda) \cdot I_{j-1}(\lambda) + \rho'_j(\lambda) \cdot I'_j(\lambda) \\ I'_j(\lambda) &= \rho_j(\lambda) \cdot I_{j-1}(\lambda) + \tau'_j(\lambda) \cdot I'_j(\lambda) \end{aligned} \quad (1)$$

unde:

$\tau_j(\lambda)$ factorul de transmisie spectrală a feței orientate spre exterior ;

$\tau'_j(\lambda)$ factorul de transmisie spectrală a feței orientate spre interior ;

$\rho_j(\lambda)$ factorul de reflexie spectrală a feței orientate spre exterior ;

$\rho'_j(\lambda)$ factorul de reflexie spectrală a feței orientate spre interior ;

$I_j(\lambda)$ fluxul radiativ spectral normalizat spre interior ;

$I'_j(\lambda)$ fluxul radiativ spectral normalizat spre exterior ;

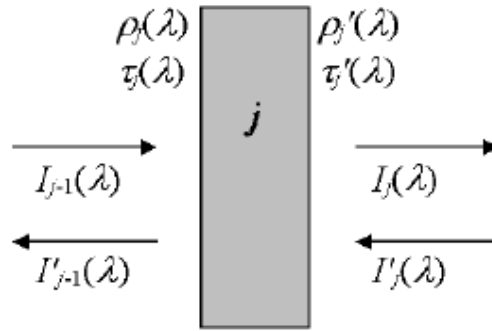


Figura 2. Schema cu datele caracteristice stratului j și fluxurile spectrale aferente

Ecuția (1) se scrie pentru fiecare strat j al vitrajului rezultând un sistem cu n ecuații având ca necunoscute valorile lui $I_j(\lambda)$ și $I'_j(\lambda)$.

Sistemul de ecuații se rezolvă punând condițiile la limită : $I_0(\lambda) = 1$ și $I_n(\lambda) = 0$. (2)

După rezolvarea sistemului de ecuații și după ce se cunosc, pentru fiecare strat j , valorile fluxului radiativ spectral $I_j(\lambda)$ și $I'_j(\lambda)$ se obține:

- factorul de transmisie spectrală : $\tau_j(\lambda) = I_n(\lambda)$; (3)

- factorul de reflexie spectrală : $\rho_j(\lambda) = I'_0(\lambda)$. (4)

- factorul de absorbție spectrală : $\alpha_j(\lambda) = (1 - \rho_j(\lambda) - \tau_j(\lambda)) \cdot I_{j-1}(\lambda) + (1 - \rho'_j(\lambda) - \tau'_j(\lambda)) \cdot I'_j(\lambda)$ (5)

Pentru fiecare strat j , factorul de transmisie solară directă τ_e , factorul de reflexie solară directă ρ_e , factorul de absorbție spectrală α_{ej} se calculează pe baza datelor spectrale (document recomandat SR EN 410:1998);

Factorul de transmisie luminoasă directă τ_v și factorul de reflexie luminoasă directă ρ_v se calculează în același mod;

3. Transferul de căldură

3.1 Radiația termică

Fluxul de căldură prin radiație depinde de temperatura sistemului cuplat cu alte fluxuri de căldură care apar în sistem.

Pentru radiația termică se utilizează schema din figura 3 unde sunt prezentate, pentru fiecare față a straturilor care compun sistemul, vitraj sau strat de protecție solară :

- T_j temperatura absolută ;
- $\tau_{th,j}$ factorul de transmisie solară directă ;
- ε_j emisivitatea efectivă a feței orientate spre exterior ;
- ε'_j emisivitatea efectivă a feței orientate spre interior ;
- $q_{th,j}$ densitatea de flux radiativ către interior ;
- $q'_{th,j}$ densitatea de flux radiativ către exterior.

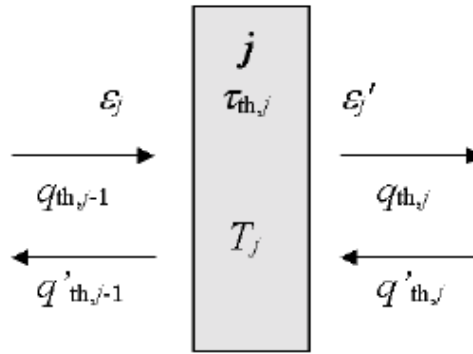


Figura 3. Datele caracteristice ale stratului j si densitațile de flux radiativ aferente

Emisivitatea efectivă ϵ este dedusă din emisivitatea normală ϵ_n , determină cu ajutorul unui spectofotometru în infraroșu, care se corectează după procedura descrisă în SR EN 673 anexa A.2.

Pentru fiecare strat j al sistemului vitrajului se scriu ecuații de echilibru energetic radiativ rezultând un sistem de ecuații complex, unde temperaturile sunt scrise la puterea a patra :

$$\begin{aligned} q_{th,j} &= \tau_{th,j} \cdot q_{th,j-1} + (1 - \epsilon'_j - \tau_{th,j}) \cdot q'_{th,j-1} + \epsilon'_j \cdot \sigma \cdot T_{j-1}^4 \\ q'_{th,j-1} &= (1 - \epsilon_j - \tau_{th,j}) \cdot q_{th,j-1} + \tau_{th,j} \cdot q'_{th,j} + \epsilon_j \cdot \sigma \cdot T_j^4 \end{aligned} \quad (6)$$

Condițiile la limită sunt date de temperaturile radiante exterioare și interioare, respectiv Tr,e și Tr,i :

$$q_{th,0} = \sigma \cdot T_{re}^4 ; \quad q_{th,n} = \sigma \cdot T_{ri}^4 \quad (7)$$

După rezolvarea sistemului de ecuații și determinarea temperaturilor T_j , se pot calcula :

- fluxul radiativ net spre exterior

$$q_e = q'_{th,0} - q_{th,0} \quad (8)$$

- fluxul radiativ net spre interior

$$q_i = q'_{th,n} - q_{th,n} \quad (9)$$

- flux termic net, din radiație termică, în stratul j

$$q_{th,qj} = \epsilon_j \cdot q_{th,j-1} - \epsilon'_j \cdot q'_{th,j} + (\epsilon_j + \epsilon'_j) \cdot \sigma \cdot T_j^4 \quad (10)$$

3.2 Transferul de căldură prin conducție și convecție în spații închise cu suprafețe vitrate

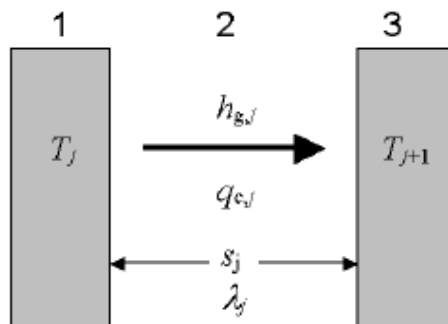


Figura 4. Prezentarea schematică a datelor caracteristice ale unui spațiu închis și densitatea fluxului de căldură prin conducție et convecție

Legenda

1 Stratul j

2 Spațiu de gaz j

3 Stratul $j+1$

λ_j Conductivitatea termică a gazului într-un spațiu j la temperatura $T_m = (T_j + T_{j+1})/2$

s_j Grosimea stratului de gaz din stratul j

$h_{g,j}$ Conductanța termică a gazului din spațiul j

$q_{c,j}$ Densitatea fluxului de caldural prin conducție și convecție de la stratul j la stratul $j+1$

Conductivitatea termică a gazului într-un spațiu limitat j , la temperatura medie $T_{m,j} = (T_j + T_{j+1})/2$, închis între suprafețe vitrate (Figura 4), este dată de către relația :

$$h_{g,j} = Nu_j \cdot \lambda_j / s_j \quad (11)$$

unde

λ_j este conductivitatea termică a gazului din spațiul închis j

s_j grosimea stratului de gaz;

λ conductivitatea termică a gazului la temperatura T_m ;

Nu numărul adimensional Nusselt, document de referință SR EN ISO 673:2000;

Condiții la limită

Condițiile la limită pentru exterior sunt :

- pentru la temperatura aerului : $T_0 = T_e$;
- pentru coeficientul de transfer termic prin convecție : $h_{g,0} = h_{c,e}$;

(12)

Condițiile la limită pentru interior sunt :

- pentru la temperatura aerului : $T_{n+1} = T_i$;
- pentru coeficientul de transfer termic prin convecție : $h_{g,n} = h_{c,i}$;

(13)

După rezolvarea sistemului de ecuații și determinarea temperaturilor T_j , în fiecare nod al rețelei de calcul, se pot calcula :

- caldura netă rezultată în stratul j (prin conducție și convecție) este dată de :
 $q_{c,aj} = h_{g,j-1} \cdot (T_{j-1} - T_j) + h_{g,j} \cdot (T_{j+1} - T_j)$ (14)
- densitatea de flux de căldură prin convecție spre ambiața exterioară este dată de relația :
 $q_{c,e} = q_{c,a,0} = h_{g,0} \cdot (T_1 - T_e)$ (15)
- densitatea de flux de căldură prin convecție dinspre ambiața interioară este dată de relația :
 $q_{c,i} = q_{c,a,n} = h_{g,n} \cdot (T_i - T_n)$ (16)

4. Bilanțul energetic în regim termic staționar

Prin scrierea bilanțului energetic în fiecare nod j al rețelei de calcul rezultă un sistem algebric neliniar de ecuații :

$$\alpha_{ej} \cdot I + q_{th,aj} + q_{c,aj} = 0 \quad (17)$$

în care

I este intensitatea totală a radiației solare ;

α_{ej} este factorul de absorbție solară a stratului j ;

$q_{th,aj}$ este radiația termică absorbită ;

$q_{c,aj}$ este căldura rezultantă prin conducție și convecție.

În formulare completă, ecuația de bilanț energetic pentru nodul j al rețelei de calcul devine :

$$I \cdot [(1 - \rho_j(\lambda) - \tau_j(\lambda)) \cdot I_{j-1}(\lambda) + (1 - \rho'_j(\lambda) - \tau'_j(\lambda)) \cdot I'_j(\lambda)] + \varepsilon_j \cdot q_{th,j-1} - \varepsilon'_j \cdot q'_{th,j} + (\varepsilon_j + \varepsilon'_j) \cdot \sigma \cdot T_j^4 + h_{g,j-1} \cdot (T_{j-1} - T_j) + h_{g,j} \cdot (T_{j+1} - T_j) = 0 \quad (18)$$

După scrierea ecuației de bilanț energetic, în fiecare nod al rețelei de calcul, rezultă un sistem de ecuații algebric neliniar . Pentru rezolvarea sistemului de ecuații rezultat, se recomanda utilizarea unui proces iterativ, datorită caracterului neliniar și dinamic de interacțiune între temperatură și transferul radiativ și convectiv al caldurii. Caracterul dinamic impune rescrierea sistemului de ecuații, datorită modificării coeficienților sistemului de ecuații, pentru fiecare pas al calculului iterativ.

**Intensitatea radiației solare totale (I_T) și difuze (I_d)
pe plan vertical și orizontal - valori medii zilnice [W/m^2]**

ALEXANDRIA

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	74,5	107,3	100,3	95,7	92,5	98,9	119,1	138,4	138,0	122,2	74,6	67,8
I_T S-V	57,6	87,8	88,8	92,5	86,8	94,7	111,9	124,0	120,1	101,4	58,4	52,2
I_T V	30,3	54,1	64,3	76,7	75,5	80,8	85,7	78,1	85,3	64,7	33,6	27,1
I_T N-V	14,9	28,2	38,4	53,1	70,9	79,5	84,2	76,0	60,5	36,1	16,7	12,3
I_T N	13,6	20,8	29,9	39,7	66,4	78,1	82,6	73,8	51,5	25,3	15,5	11,8
I_T N-E	14,9	28,2	38,4	53,1	70,9	79,5	84,2	76,0	60,5	36,1	16,7	12,3
I_T E	30,3	54,1	64,3	76,7	75,5	80,8	85,7	78,1	85,3	64,7	33,6	27,1
I_T S-E	57,6	87,8	88,8	92,5	86,8	94,7	111,9	124,0	120,1	101,4	58,4	52,2
I_T Oriz.	48,8	85,5	121,9	168,8	207,8	239,3	254,6	233,7	176,9	112,2	55,1	41,0
I_d – Vert.	13,6	20,8	29,9	39,7	47,0	50,4	50,3	45,1	35,7	25,3	15,5	11,8
I_d – Oriz.	27,1	41,7	59,8	79,5	94,1	100,7	100,7	90,2	71,5	50,6	31,0	23,6

BACĂU

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	66,2	96,3	102,3	91,9	88,2	93,5	107,8	121,9	116,4	115,0	61,1	55,9
I_T S-V	51,2	78,8	90,2	88,8	82,9	89,8	101,6	109,8	101,9	95,4	48,0	43,1
I_T V	26,8	48,7	64,7	73,8	72,5	77,4	79,2	71,0	73,8	60,8	28,0	22,5
I_T N-V	13,1	25,5	37,7	51,4	68,3	76,2	77,9	69,2	53,8	33,7	14,4	10,4
I_T N	11,9	19,0	28,8	38,6	64,1	74,9	76,6	67,4	46,5	23,6	13,4	10,0
I_T N-E	13,1	25,5	37,7	51,4	68,3	76,2	77,9	69,2	53,8	33,7	14,4	10,4
I_T E	26,8	48,7	64,7	73,8	72,5	77,4	79,2	71,0	73,8	60,8	28,0	22,5
I_T S-E	51,2	78,8	90,2	88,8	82,9	89,8	101,6	109,8	101,9	95,4	48,0	43,1
I_T Oriz.	43,1	77,1	122,4	162,2	197,3	224,2	229,5	207,5	152,7	105,2	46,2	34,3
I_d – Vert.	11,9	19,0	28,8	38,6	46,3	50,1	48,9	43,2	33,7	23,6	13,4	10,0
I_d – Oriz.	23,8	37,9	57,6	77,2	92,6	100,3	97,8	86,4	67,5	47,1	26,8	19,9

BÂRLAD

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	70,2	96,6	100,0	97,6	88,7	99,2	111,6	127,0	124,1	122,4	64,5	57,7
I _T S-V	54,2	79,1	88,4	94,3	83,4	95,0	105,1	114,2	108,3	101,2	50,6	44,5
I _T V	28,2	49,0	63,6	77,8	72,8	81,1	81,4	73,2	77,6	63,9	29,3	23,2
I _T N-V	13,5	25,7	37,4	53,1	68,6	79,7	80,0	71,3	55,8	34,8	14,8	10,7
I _T N	12,3	19,1	28,8	39,1	64,4	78,3	78,6	69,4	47,9	23,8	13,8	10,2
I _T N-E	13,5	25,7	37,4	53,1	68,6	79,7	80,0	71,3	55,8	34,8	14,8	10,7
I _T E	28,2	49,0	63,6	77,8	72,8	81,1	81,4	73,2	77,6	63,9	29,3	23,2
I _T S-E	54,2	79,1	88,4	94,3	83,4	95,0	105,1	114,2	108,3	101,2	50,6	44,5
I _T Oriz.	45,2	77,5	120,4	171,6	198,5	240,3	238,1	215,5	160,9	110,3	48,2	35,2
I _d – Vert.	12,3	19,1	28,8	39,1	46,4	50,4	49,3	43,8	34,0	23,8	13,8	10,2
I _d – Oriz.	24,5	38,3	57,7	78,3	92,8	100,7	98,6	87,5	67,9	47,7	27,6	20,4

BOTOȘANI

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	73,4	94,4	102,2	91,9	90,5	90,2	105,0	119,4	116,6	112,9	62,2	58,0
I _T S-V	56,4	77,2	90,1	88,8	85,0	86,8	99,1	107,6	101,9	93,6	48,7	44,6
I _T V	28,7	47,6	64,4	73,7	73,9	75,2	77,7	69,8	73,6	59,5	28,1	22,9
I _T N-V	13,0	24,7	37,2	51,1	69,5	74,1	76,4	68,1	53,4	32,9	14,1	10,1
I _T N	11,7	18,3	28,2	38,3	65,1	72,9	75,2	66,3	46,1	22,8	13,0	9,7
I _T N-E	13,0	24,7	37,2	51,1	69,5	74,1	76,4	68,1	53,4	32,9	14,1	10,1
I _T E	28,7	47,6	64,4	73,7	73,9	75,2	77,7	69,8	73,6	59,5	28,1	22,9
I _T S-E	56,4	77,2	90,1	88,8	85,0	86,8	99,1	107,6	101,9	93,6	48,7	44,6
I _T Oriz.	45,4	75,1	121,7	162,1	203,0	215,1	223,4	203,4	152,3	102,9	46,1	34,4
I _d – Vert.	11,7	18,3	28,2	38,3	46,4	49,8	48,8	42,7	33,2	22,8	13,0	9,7
I _d – Oriz.	23,4	36,5	56,4	76,6	92,8	99,6	97,5	85,4	66,4	45,7	26,1	19,3

Municipiul BUCUREȘTI

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	76,7	106,9	103,5	94,8	91,6	96,8	94,9	138,1	136,8	125,7	73,3	68,9
I _T S-V	59,3	87,3	91,4	91,6	86,0	92,8	89,9	123,8	119,1	104,1	57,4	53,0
I _T V	30,9	53,9	65,9	76,0	74,9	79,6	72,2	78,0	84,6	66,0	33,0	27,3
I _T N-V	14,9	28,0	38,9	52,8	70,4	78,2	71,1	75,8	60,1	36,3	16,5	12,3
I _T N	13,6	20,7	30,0	39,6	65,9	76,9	70,1	73,7	51,2	25,2	15,3	11,7
I _T N-E	14,9	28,0	38,9	52,8	70,4	78,2	71,1	75,8	60,1	36,3	16,5	12,3
I _T E	30,9	53,9	65,9	76,0	74,9	79,6	72,2	78,0	84,6	66,0	33,0	27,3
I _T S-E	59,3	87,3	91,4	91,6	86,0	92,8	89,9	123,8	119,1	104,1	57,4	53,0
I _T Oriz.	49,6	85,0	124,8	167,2	205,6	233,5	200,8	233,2	175,5	114,2	54,2	41,3
I _d – Vert.	13,6	20,7	30,0	39,6	46,9	50,3	48,2	45,0	35,6	25,2	15,3	11,7
I _d – Oriz.	27,1	41,4	60,0	79,2	93,9	100,7	96,3	90,1	71,1	50,4	30,6	23,5

CALAFAT

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	78,4	113,0	100,7	93,5	91,7	98,4	118,0	129,1	132,3	121,4	70,6	65,2
I _T S-V	60,6	92,2	89,1	90,4	86,1	94,3	110,9	116,1	115,3	100,8	55,4	50,3
I _T V	31,6	56,4	64,5	75,1	75,0	80,6	85,1	74,4	82,3	64,4	32,1	26,2
I _T N-V	15,2	28,8	38,5	52,4	70,5	79,2	83,6	72,4	58,8	36,0	16,4	12,1
I _T N	13,8	21,0	29,9	39,5	66,0	77,8	82,1	70,5	50,3	25,3	15,2	11,6
I _T N-E	15,2	28,8	38,5	52,4	70,5	79,2	83,6	72,4	58,8	36,0	16,4	12,1
I _T E	31,6	56,4	64,5	75,1	75,0	80,6	85,1	74,4	82,3	64,4	32,1	26,2
I _T S-E	60,6	92,2	89,1	90,4	86,1	94,3	110,9	116,1	115,3	100,8	55,4	50,3
I _T Oriz.	50,6	88,7	122,2	165,1	205,9	238,0	252,1	219,2	170,6	111,6	53,0	39,9
I _d – Vert.	13,8	21,0	29,9	39,5	47,0	50,4	50,2	44,4	35,3	25,3	15,2	11,6
I _d – Oriz.	27,6	42,1	59,9	79,1	93,9	100,7	100,4	88,8	70,7	50,5	30,4	23,2

CĂLĂRAȘI

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	78,6	111,0	103,8	92,6	90,2	97,1	117,7	137,9	131,3	133,0	76,1	68,6
I _T S-V	60,7	90,6	91,7	89,5	84,8	93,1	110,6	123,6	114,4	109,8	59,4	52,8
I _T V	31,5	55,5	66,1	74,5	73,9	79,7	84,9	77,9	81,7	69,0	34,0	27,2
I _T N-V	15,0	28,4	38,9	52,1	69,6	78,4	83,4	75,7	58,5	37,2	16,7	12,2
I _T N	13,7	20,8	30,0	39,4	65,2	77,0	81,9	73,6	50,0	25,2	15,5	11,7
I _T N-E	15,0	28,4	38,9	52,1	69,6	78,4	83,4	75,7	58,5	37,2	16,7	12,2
I _T E	31,5	55,5	66,1	74,5	73,9	79,7	84,9	77,9	81,7	69,0	34,0	27,2
I _T S-E	60,7	90,6	91,7	89,5	84,8	93,1	110,6	123,6	114,4	109,8	59,4	52,8
I _T Oriz.	50,4	87,3	125,1	163,6	202,0	234,2	251,4	232,9	169,4	118,8	55,6	41,2
I _d – Vert.	13,7	20,8	30,0	39,4	46,8	50,3	50,2	45,0	35,2	25,2	15,5	11,7
I _d – Oriz.	27,3	41,6	60,0	78,7	93,6	100,7	100,3	90,0	70,3	50,4	31,0	23,4

CÂMPINA

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	98,8	108,3	95,8	91,0	90,9	91,4	99,6	109,9	122,5	114,3	89,1	75,0
I _T S-V	75,4	88,3	84,9	88,1	85,4	87,8	94,3	99,6	107,1	95,0	68,9	57,4
I _T V	37,2	54,1	61,7	73,4	74,3	76,0	74,9	66,7	77,1	61,0	38,2	28,9
I _T N-V	15,7	27,6	37,1	51,4	69,9	74,8	73,7	65,2	55,8	34,4	17,3	12,2
I _T N	13,9	20,2	29,1	39,0	65,5	73,6	72,6	63,6	48,1	24,4	15,8	11,7
I _T N-E	15,7	27,6	37,1	51,4	69,9	74,8	73,7	65,2	55,8	34,4	17,3	12,2
I _T E	37,2	54,1	61,7	73,4	74,3	76,0	74,9	66,7	77,1	61,0	38,2	28,9
I _T S-E	75,4	88,3	84,9	88,1	85,4	87,8	94,3	99,6	107,1	95,0	68,9	57,4
I _T Oriz.	58,0	85,0	117,0	161,0	203,8	218,2	211,4	189,0	159,7	105,9	61,4	43,1
I _d – Vert.	13,9	20,2	29,1	39,0	46,8	50,0	48,6	43,1	34,5	24,4	15,8	11,7
I _d – Oriz.	27,8	40,4	58,2	77,9	93,5	100,0	97,2	86,2	69,0	48,8	31,6	23,3

CARANSEBEȘ

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	72,9	94,8	95,0	85,8	85,9	91,9	107,1	120,0	124,3	120,6	69,1	60,0
I_T S-V	56,3	77,8	84,2	83,1	80,9	88,3	101,0	108,2	108,5	99,9	54,1	46,3
I_T V	29,3	48,5	61,2	69,7	71,0	76,3	78,9	70,5	77,9	63,5	31,2	24,2
I_T N-V	14,1	25,9	36,9	49,7	67,0	75,1	77,6	68,7	56,2	35,1	15,7	11,2
I_T N	12,8	19,6	28,9	38,3	63,1	73,9	76,3	66,9	48,3	24,4	14,5	10,7
I_T N-E	14,1	25,9	36,9	49,7	67,0	75,1	77,6	68,7	56,2	35,1	15,7	11,2
I_T E	29,3	48,5	61,2	69,7	71,0	76,3	78,9	70,5	77,9	63,5	31,2	24,2
I_T S-E	56,3	77,8	84,2	83,1	80,9	88,3	101,0	108,2	108,5	99,9	54,1	46,3
I_T Oriz.	47,0	77,2	116,1	152,4	191,7	219,6	227,9	204,7	161,4	109,9	51,3	36,8
I_d – Vert.	12,8	19,6	28,9	38,3	46,2	50,0	49,0	43,3	34,4	24,4	14,5	10,7
I_d – Oriz.	25,7	39,1	57,9	76,6	92,3	100,0	97,9	86,6	68,8	48,8	29,0	21,4

CLUJ-NAPOCA

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	71,2	101,6	102,6	94,2	90,4	97,8	108,9	120,2	117,3	120,8	73,5	49,0
I_T S-V	54,9	82,9	90,5	91,0	84,9	93,7	102,6	108,3	102,7	99,9	57,2	38,0
I_T V	28,3	50,8	64,8	75,4	73,9	80,2	79,8	70,3	74,2	63,1	32,3	20,2
I_T N-V	13,4	26,1	37,7	52,0	69,5	78,8	78,4	68,5	53,9	34,4	15,5	9,8
I_T N	12,1	19,1	28,7	38,8	65,2	77,4	77,1	66,7	46,6	23,6	14,2	9,4
I_T N-E	13,4	26,1	37,7	52,0	69,5	78,8	78,4	68,5	53,9	34,4	15,5	9,8
I_T E	28,3	50,8	64,8	75,4	73,9	80,2	79,8	70,3	74,2	63,1	32,3	20,2
I_T S-E	54,9	82,9	90,5	91,0	84,9	93,7	102,6	108,3	102,7	99,9	57,2	38,0
I_T Oriz.	45,3	79,9	122,6	165,9	202,7	236,3	232,0	204,7	153,6	108,9	52,6	31,2
I_d – Vert.	12,1	19,1	28,7	38,8	46,5	50,3	48,9	43,0	33,7	23,6	14,2	9,4
I_d – Oriz.	24,2	38,2	57,5	77,5	93,0	100,6	97,8	85,9	67,4	47,1	28,5	18,8

CONSTANȚA

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	92,3	110,7	108,5	100,2	95,5	102,1	119,4	134,3	136,6	123,9	81,0	70,7
I_T S-V	70,8	90,4	95,7	96,8	89,4	97,7	112,1	120,5	118,9	102,7	63,1	54,3
I_T V	35,8	55,5	68,5	79,8	77,4	83,1	85,9	76,5	84,5	65,3	35,8	27,9
I_T N-V	16,0	28,5	39,8	54,4	72,5	81,6	84,3	74,4	60,1	36,2	17,2	12,5
I_T N	14,3	20,9	30,3	40,0	67,7	80,1	82,8	72,4	51,2	25,2	15,9	11,9
I_T N-E	16,0	28,5	39,8	54,4	72,5	81,6	84,3	74,4	60,1	36,2	17,2	12,5
I_T E	35,8	55,5	68,5	79,8	77,4	83,1	85,9	76,5	84,5	65,3	35,8	27,9
I_T S-E	70,8	90,4	95,7	96,8	89,4	97,7	112,1	120,5	118,9	102,7	63,1	54,3
I_T Oriz.	56,4	87,3	129,6	176,1	215,1	248,0	255,1	227,3	175,3	113,1	58,3	42,2
I_d – Vert.	14,3	20,9	30,3	40,0	47,2	50,9	50,4	44,8	35,6	25,2	15,9	11,9
I_d – Oriz.	28,7	41,8	60,6	80,0	94,4	101,8	100,7	89,6	71,2	50,5	31,8	23,8

CRAIOVA

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	76,9	113,6	99,7	94,1	90,8	97,5	115,2	135,9	136,0	124,0	73,2	68,8
I _T S-V	59,4	92,6	88,3	91,0	85,3	93,5	108,3	121,9	118,4	102,8	57,3	52,9
I _T V	31,0	56,6	64,0	75,6	74,3	80,0	83,5	77,1	84,2	65,4	33,0	27,3
I _T N-V	15,0	28,8	38,2	52,6	69,9	78,6	82,0	75,0	59,9	36,2	16,5	12,3
I _T N	13,6	20,9	29,8	39,5	65,5	77,3	80,5	72,9	51,1	25,2	15,3	11,8
I _T N-E	15,0	28,8	38,2	52,6	69,9	78,6	82,0	75,0	59,9	36,2	16,5	12,3
I _T E	31,0	56,6	64,0	75,6	74,3	80,0	83,5	77,1	84,2	65,4	33,0	27,3
I _T S-E	59,4	92,6	88,3	91,0	85,3	93,5	108,3	121,9	118,4	102,8	57,3	52,9
I _T Oriz.	49,8	88,8	121,3	166,1	203,5	235,5	245,8	229,8	174,7	113,1	54,2	41,3
I _d – Vert.	13,6	20,9	29,8	39,5	46,9	50,3	49,9	44,9	35,5	25,2	15,3	11,8
I _d – Oriz.	27,2	41,9	59,6	79,1	93,7	100,7	99,7	89,8	71,1	50,4	30,7	23,5

CURTEA DE ARGEȘ

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	90,4	115,3	99,4	87,0	86,2	91,4	110,4	130,5	129,0	124,0	79,0	80,7
I _T S-V	69,2	93,8	87,9	84,2	81,2	87,8	104,0	117,2	112,5	102,7	61,5	61,6
I _T V	34,8	56,9	63,6	70,5	71,2	76,0	80,7	74,8	80,4	65,0	34,8	30,7
I _T N-V	15,3	28,4	37,8	50,1	67,2	74,8	79,3	72,8	57,5	35,6	16,6	12,5
I _T N	13,7	20,4	29,3	38,5	63,2	73,6	77,9	70,8	49,3	24,6	15,3	11,9
I _T N-E	15,3	28,4	37,8	50,1	67,2	74,8	79,3	72,8	57,5	35,6	16,6	12,5
I _T E	34,8	56,9	63,6	70,5	71,2	76,0	80,7	74,8	80,4	65,0	34,8	30,7
I _T S-E	69,2	93,8	87,9	84,2	81,2	87,8	104,0	117,2	112,5	102,7	61,5	61,6
I _T Oriz.	54,7	88,8	120,4	154,4	192,4	218,2	235,4	221,2	166,6	112,3	56,5	45,3
I _d – Vert.	13,7	20,4	29,3	38,5	46,2	50,0	49,1	44,3	34,7	24,6	15,3	11,9
I _d – Oriz.	27,4	40,7	58,6	77,0	92,4	100,0	98,3	88,6	69,3	49,1	30,6	23,8

DOROHOI

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	66,9	90,4	96,4	90,8	87,4	88,5	102,5	112,7	116,2	109,7	61,9	59,7
I _T S-V	51,5	74,0	85,1	87,8	82,2	85,2	96,9	101,9	101,7	91,0	48,4	45,8
I _T V	26,6	45,9	61,3	72,9	71,9	74,1	76,4	67,4	73,4	58,1	27,9	23,3
I _T N-V	12,5	24,1	36,1	50,7	67,7	73,0	75,2	65,8	53,2	32,3	14,0	10,1
I _T N	11,3	18,0	27,8	38,1	63,6	71,8	73,9	64,1	45,9	22,7	12,9	9,7
I _T N-E	12,5	24,1	36,1	50,7	67,7	73,0	75,2	65,8	53,2	32,3	14,0	10,1
I _T E	26,6	45,9	61,3	72,9	71,9	74,1	76,4	67,4	73,4	58,1	27,9	23,3
I _T S-E	51,5	74,0	85,1	87,8	82,2	85,2	96,9	101,9	101,7	91,0	48,4	45,8
I _T Oriz.	42,4	72,7	116,1	160,3	195,4	210,5	217,8	193,1	151,9	100,6	45,8	34,9
I _d – Vert.	11,3	18,0	27,8	38,1	46,0	49,6	48,6	42,5	33,1	22,7	12,9	9,7
I _d – Oriz.	22,7	36,0	55,7	76,2	92,1	99,2	97,3	85,1	66,2	45,3	25,9	19,3

DRĂGĂȘANI

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	88,5	119,8	100,5	93,3	89,3	96,8	114,6	135,3	134,2	126,5	77,5	77,2
I_T S-V	67,9	97,4	88,8	90,2	83,9	92,8	107,7	121,4	116,9	104,7	60,4	59,1
I_T V	34,4	58,9	64,2	74,9	73,3	79,6	83,1	76,8	83,2	66,2	34,4	29,8
I_T N-V	15,5	29,1	38,2	52,2	69,0	78,2	81,6	74,7	59,2	36,2	16,7	12,6
I_T N	13,9	20,8	29,6	39,3	64,8	76,9	80,2	72,6	50,5	24,9	15,4	12,0
I_T N-E	15,5	29,1	38,2	52,2	69,0	78,2	81,6	74,7	59,2	36,2	16,7	12,6
I_T E	34,4	58,9	64,2	74,9	73,3	79,6	83,1	76,8	83,2	66,2	34,4	29,8
I_T S-E	67,9	97,4	88,8	90,2	83,9	92,8	107,7	121,4	116,9	104,7	60,4	59,1
I_T Oriz.	54,4	91,7	121,7	164,7	199,9	233,5	244,5	228,8	172,5	114,3	56,1	44,3
I_d – Vert.	13,9	20,8	29,6	39,3	46,7	50,3	49,8	44,8	35,2	24,9	15,4	12,0
I_d – Oriz.	27,8	41,5	59,2	78,6	93,3	100,7	99,5	89,5	70,4	49,8	30,8	24,0

GALAȚI

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	80,0	102,6	102,5	92,6	90,9	96,9	135,4	134,8	133,5	127,6	70,6	69,5
I_T S-V	61,5	83,9	90,5	89,6	85,4	92,9	126,5	120,9	116,2	105,4	55,3	53,3
I_T V	31,5	51,7	65,1	74,4	74,3	79,6	94,5	76,5	82,7	66,3	31,7	27,1
I_T N-V	14,6	26,8	38,2	51,9	69,9	78,3	92,6	74,4	58,8	35,9	15,8	11,8
I_T N	13,1	19,8	29,3	39,0	65,5	77,0	90,7	72,3	50,1	24,4	14,6	11,2
I_T N-E	14,6	26,8	38,2	51,9	69,9	78,3	92,6	74,4	58,8	35,9	15,8	11,8
I_T E	31,5	51,7	65,1	74,4	74,3	79,6	94,5	76,5	82,7	66,3	31,7	27,1
I_T S-E	61,5	83,9	90,5	89,6	85,4	92,9	126,5	120,9	116,2	105,4	55,3	53,3
I_T Oriz.	50,0	81,6	123,2	163,6	203,8	233,8	290,7	228,0	171,4	114,3	52,0	40,6
I_d – Vert.	13,1	19,8	29,3	39,0	46,7	50,3	51,2	44,6	34,9	24,4	14,6	11,2
I_d – Oriz.	26,3	39,7	58,7	78,1	93,4	100,6	102,4	89,1	69,7	48,8	29,2	22,5

IAȘI

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	66,9	87,4	100,2	92,0	89,6	95,6	108,6	122,1	119,4	113,1	62,1	56,5
I_T S-V	51,6	71,7	88,4	88,9	84,2	91,7	102,3	110,0	104,3	93,8	48,7	43,5
I_T V	26,8	44,9	63,4	73,8	73,4	78,8	79,6	71,1	75,1	59,7	28,2	22,5
I_T N-V	12,8	24,1	37,1	51,2	69,1	77,5	78,2	69,2	54,3	33,2	14,3	10,2
I_T N	11,7	18,2	28,4	38,4	64,7	76,2	76,9	67,4	46,8	23,2	13,2	9,8
I_T N-E	12,8	24,1	37,1	51,2	69,1	77,5	78,2	69,2	54,3	33,2	14,3	10,2
I_T E	26,8	44,9	63,4	73,8	73,4	78,8	79,6	71,1	75,1	59,7	28,2	22,5
I_T S-E	51,6	71,7	88,4	88,9	84,2	91,7	102,3	110,0	104,3	93,8	48,7	43,5
I_T Oriz.	43,0	71,5	120,1	162,3	200,8	230,1	231,3	207,8	155,5	103,5	46,4	34,1
I_d – Vert.	11,7	18,2	28,4	38,4	46,4	50,2	48,8	43,1	33,5	23,2	13,2	9,8
I_d – Oriz.	23,3	36,5	56,8	76,9	92,8	100,5	97,7	86,2	67,0	46,3	26,5	19,5

ORADEA

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	69,9	99,6	95,2	93,5	90,1	94,5	108,4	119,9	125,9	124,9	71,3	59,8
I _T S-V	53,9	81,3	84,2	90,4	84,6	90,7	102,1	108,0	109,8	103,1	55,5	45,9
I _T V	27,9	49,9	60,9	74,9	73,7	78,0	79,5	70,1	78,4	64,6	31,5	23,6
I _T N-V	13,2	25,7	36,3	51,8	69,4	76,7	78,2	68,3	56,1	34,7	15,2	10,5
I _T N	11,9	18,8	28,2	38,6	65,0	75,5	76,8	66,6	48,0	23,4	14,0	10,1
I _T N-E	13,2	25,7	36,3	51,8	69,4	76,7	78,2	68,3	56,1	34,7	15,2	10,5
I _T E	27,9	49,9	60,9	74,9	73,7	78,0	79,5	70,1	78,4	64,6	31,5	23,6
I _T S-E	53,9	81,3	84,2	90,4	84,6	90,7	102,1	108,0	109,8	103,1	55,5	45,9
I _T Oriz.	44,5	78,6	115,5	164,8	202,0	226,9	230,9	204,2	162,5	111,2	51,3	35,6
I _d – Vert.	11,9	18,8	28,2	38,6	46,5	50,2	48,9	42,9	33,8	23,4	14,0	10,1
I _d – Oriz.	23,8	37,7	56,4	77,3	92,9	100,4	97,7	85,8	67,5	46,8	27,9	20,1

PREDEAL

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	82,1	105,3	95,1	81,2	75,9	82,1	97,0	114,1	114,8	120,2	76,1	74,3
I _T S-V	63,1	86,0	84,2	78,7	71,9	79,3	91,9	103,2	100,6	99,6	59,3	56,8
I _T V	32,2	52,8	61,2	66,4	64,0	69,6	73,4	68,3	73,2	63,3	33,6	28,6
I _T N-V	14,7	27,1	36,9	48,0	60,8	68,7	72,3	66,7	53,7	35,0	16,2	12,1
I _T N	13,2	19,9	28,9	37,6	57,7	67,7	71,2	65,0	46,7	24,3	15,0	11,5
I _T N-E	14,7	27,1	36,9	48,0	60,8	68,7	72,3	66,7	53,7	35,0	16,2	12,1
I _T E	32,2	52,8	61,2	66,4	64,0	69,6	73,4	68,3	73,2	63,3	33,6	28,6
I _T S-E	63,1	86,0	84,2	78,7	71,9	79,3	91,9	103,2	100,6	99,6	59,3	56,8
I _T Oriz.	51,0	83,1	116,1	144,7	167,6	193,1	205,6	195,5	151,5	109,6	54,8	42,5
I _d – Vert.	13,2	19,9	28,9	37,6	44,2	48,5	48,4	43,2	34,2	24,3	15,0	11,5
I _d – Oriz.	26,4	39,8	57,8	75,2	88,4	97,0	96,7	86,4	68,4	48,7	29,9	22,9

RÂMNICU SĂRAT

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	91,5	116,5	105,6	93,6	90,6	95,6	113,7	133,5	134,0	132,2	77,6	77,6
I _T S-V	70,0	94,7	93,1	90,4	85,1	91,7	107,0	119,8	116,6	109,1	60,4	59,2
I _T V	35,0	57,3	66,7	75,1	74,1	78,8	82,6	76,0	82,9	68,3	34,2	29,7
I _T N-V	15,3	28,4	38,7	52,2	69,8	77,5	81,2	73,9	58,9	36,5	16,4	12,3
I _T N	13,6	20,2	29,5	39,1	65,4	76,2	79,7	71,9	50,3	24,5	15,1	11,7
I _T N-E	15,3	28,4	38,7	52,2	69,8	77,5	81,2	73,9	58,9	36,5	16,4	12,3
I _T E	35,0	57,3	66,7	75,1	74,1	78,8	82,6	76,0	82,9	68,3	34,2	29,7
I _T S-E	70,0	94,7	93,1	90,4	85,1	91,7	107,0	119,8	116,6	109,1	60,4	59,2
I _T Oriz.	54,9	89,2	126,2	165,1	203,1	230,0	242,7	226,0	172,0	117,5	55,6	43,9
I _d – Vert.	13,6	20,2	29,5	39,1	46,7	50,3	49,6	44,5	34,9	24,5	15,1	11,7
I _d – Oriz.	27,2	40,5	59,1	78,3	93,4	100,5	99,2	89,0	69,9	49,1	30,2	23,3

ROȘIORI DE VEDE

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	79,1	114,8	101,3	94,0	91,4	99,6	117,5	138,1	132,3	125,8	75,2	67,9
I_T S-V	61,0	93,5	89,6	90,9	85,8	95,4	110,4	123,7	115,3	104,2	58,8	52,3
I_T V	31,7	57,1	64,8	75,5	74,7	81,3	84,8	78,0	82,3	66,1	33,7	27,0
I_T N-V	15,1	28,9	38,5	52,6	70,3	79,9	83,3	75,8	58,8	36,4	16,7	12,2
I_T N	13,7	21,0	29,9	39,5	65,8	78,5	81,8	73,7	50,3	25,2	15,5	11,7
I_T N-E	15,1	28,9	38,5	52,6	70,3	79,9	83,3	75,8	58,8	36,4	16,7	12,2
I_T E	31,7	57,1	64,8	75,5	74,7	81,3	84,8	78,0	82,3	66,1	33,7	27,0
I_T S-E	61,0	93,5	89,6	90,9	85,8	95,4	110,4	123,7	115,3	104,2	58,8	52,3
I_T Oriz.	50,7	89,4	122,8	165,9	205,0	241,2	250,9	233,2	170,6	114,3	55,2	40,9
I_d – Vert.	13,7	21,0	29,9	39,5	46,9	50,5	50,1	45,0	35,3	25,2	15,5	11,7
I_d – Oriz.	27,4	41,9	59,8	79,1	93,8	100,9	100,3	90,1	70,5	50,4	30,9	23,4

SATU MARE

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	71,1	98,1	100,9	93,5	88,0	92,3	106,6	122,1	125,2	118,5	64,2	59,5
I_T S-V	54,7	80,1	89,0	90,3	82,8	88,6	100,5	110,0	109,1	98,0	50,2	45,7
I_T V	27,9	49,1	63,7	74,8	72,3	76,6	78,5	71,0	77,9	61,7	28,7	23,3
I_T N-V	12,8	25,1	36,9	51,6	68,1	75,4	77,2	69,2	55,6	33,5	14,2	10,2
I_T N	11,6	18,3	28,1	38,4	63,9	74,1	76,0	67,3	47,6	22,8	13,1	9,7
I_T N-E	12,8	25,1	36,9	51,6	68,1	75,4	77,2	69,2	55,6	33,5	14,2	10,2
I_T E	27,9	49,1	63,7	74,8	72,3	76,6	78,5	71,0	77,9	61,7	28,7	23,3
I_T S-E	54,7	80,1	89,0	90,3	82,8	88,6	100,5	110,0	109,1	98,0	50,2	45,7
I_T Oriz.	44,3	77,1	120,4	164,7	196,9	220,7	226,9	207,8	161,4	106,4	47,0	34,9
I_d – Vert.	11,6	18,3	28,1	38,4	46,1	50,0	48,8	43,0	33,4	22,8	13,1	9,7
I_d – Oriz.	23,1	36,7	56,2	76,7	92,3	100,0	97,6	85,9	66,8	45,7	26,3	19,4

SIBIU

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	69,9	97,2	98,3	91,7	87,6	90,6	107,2	116,9	118,0	121,1	75,1	51,7
I_T S-V	54,0	79,6	86,9	88,7	82,5	87,1	101,0	105,5	103,3	100,3	58,5	40,1
I_T V	28,3	49,4	62,8	73,8	72,2	75,5	78,9	69,3	74,8	63,6	33,2	21,3
I_T N-V	13,7	26,0	37,3	51,5	68,0	74,3	77,6	67,6	54,4	34,9	16,0	10,3
I_T N	12,5	19,4	29,0	38,9	63,9	73,2	76,3	65,9	47,1	24,2	14,8	9,9
I_T N-E	13,7	26,0	37,3	51,5	68,0	74,3	77,6	67,6	54,4	34,9	16,0	10,3
I_T E	28,3	49,4	62,8	73,8	72,2	75,5	78,9	69,3	74,8	63,6	33,2	21,3
I_T S-E	54,0	79,6	86,9	88,7	82,5	87,1	101,0	105,5	103,3	100,3	58,5	40,1
I_T Oriz.	45,4	78,3	119,1	162,0	195,9	216,1	228,1	199,8	154,7	109,9	54,1	32,9
I_d – Vert.	12,5	19,4	29,0	38,9	46,3	49,9	48,9	43,2	34,1	24,2	14,8	9,9
I_d – Oriz.	25,0	38,9	57,9	77,7	92,7	99,8	97,9	86,4	68,3	48,3	29,5	19,9

SIGHET

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	73,6	97,6	100,5	95,6	88,1	90,7	104,4	114,7	114,6	127,6	76,9	49,1
I _T S-V	56,5	79,7	88,6	92,3	82,8	87,2	98,6	103,6	100,3	105,2	59,6	37,9
I _T V	28,7	48,8	63,5	76,2	72,4	75,6	77,4	68,1	72,6	65,6	33,1	20,0
I _T N-V	13,0	25,0	36,8	52,2	68,2	74,4	76,1	66,5	52,8	34,7	15,2	9,4
I _T N	11,7	18,3	28,1	38,5	64,0	73,2	74,9	64,8	45,7	23,1	13,9	9,0
I _T N-E	13,0	25,0	36,8	52,2	68,2	74,4	76,1	66,5	52,8	34,7	15,2	9,4
I _T E	28,7	48,8	63,5	76,2	72,4	75,6	77,4	68,1	72,6	65,6	33,1	20,0
I _T S-E	56,5	79,7	88,6	92,3	82,8	87,2	98,6	103,6	100,3	105,2	59,6	37,9
I _T Oriz.	45,4	76,8	120,1	168,0	197,1	216,5	222,0	196,2	150,2	112,6	53,4	30,6
I _d – Vert.	11,7	18,3	28,1	38,5	46,1	49,9	48,7	42,6	33,1	23,1	13,9	9,0
I _d – Oriz.	23,3	36,6	56,2	77,0	92,3	99,7	97,4	85,2	66,2	46,2	27,8	18,1

TÂRGU JIU

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	78,7	112,7	98,3	98,5	90,7	94,9	112,0	130,5	129,5	117,9	70,3	69,5
I _T S-V	60,6	91,8	87,0	95,2	85,2	91,1	105,4	117,2	112,9	97,9	55,0	53,4
I _T V	31,3	56,0	63,0	78,5	74,2	78,3	81,6	74,8	80,7	62,5	31,7	27,3
I _T N-V	14,7	28,2	37,7	53,7	69,8	77,1	80,2	72,8	57,7	35,0	15,9	12,0
I _T N	13,3	20,4	29,3	39,6	65,5	75,8	78,8	70,8	49,4	24,6	14,8	11,5
I _T N-E	14,7	28,2	37,7	53,7	69,8	77,1	80,2	72,8	57,7	35,0	15,9	12,0
I _T E	31,3	56,0	63,0	78,5	74,2	78,3	81,6	74,8	80,7	62,5	31,7	27,3
I _T S-E	60,6	91,8	87,0	95,2	85,2	91,1	105,4	117,2	112,9	97,9	55,0	53,4
I _T Oriz.	49,9	87,6	119,5	173,2	203,4	228,2	238,9	221,2	167,2	108,5	52,1	41,0
I _d – Vert.	13,3	20,4	29,3	39,6	46,8	50,2	49,4	44,3	34,8	24,6	14,8	11,5
I _d – Oriz.	26,6	40,8	58,7	79,2	93,5	100,5	98,8	88,7	69,6	49,2	29,5	22,9

TÂRGU MUREȘ

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	65,5	93,2	100,5	96,1	89,6	97,1	111,7	122,0	120,4	122,2	73,2	48,1
I _T S-V	50,8	76,5	88,8	92,8	84,3	93,1	105,2	109,9	105,3	101,2	57,2	37,4
I _T V	26,9	47,8	64,0	76,8	73,5	79,7	81,4	71,2	76,0	64,1	32,6	20,2
I _T N-V	13,4	25,6	37,8	52,9	69,2	78,4	80,0	69,4	55,1	35,2	15,9	10,1
I _T N	12,3	19,4	29,2	39,3	64,9	77,0	78,6	67,6	47,6	24,3	14,7	9,7
I _T N-E	13,4	25,6	37,8	52,9	69,2	78,4	80,0	69,4	55,1	35,2	15,9	10,1
I _T E	26,9	47,8	64,0	76,8	73,5	79,7	81,4	71,2	76,0	64,1	32,6	20,2
I _T S-E	50,8	76,5	88,8	92,8	84,3	93,1	105,2	109,9	105,3	101,2	57,2	37,4
I _T Oriz.	43,5	76,2	121,3	169,2	200,8	234,2	238,2	207,8	157,4	110,8	53,2	31,4
I _d – Vert.	12,3	19,4	29,2	39,3	46,6	50,3	49,3	43,4	34,3	24,3	14,7	9,7
I _d – Oriz.	24,6	38,7	58,4	78,5	93,2	100,6	98,6	86,8	68,5	48,6	29,5	19,4

TÂRGU SECUIESC

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	79,4	102,5	103,7	93,7	89,4	89,7	107,5	119,6	119,3	128,7	83,0	53,6
I _T S-V	61,1	83,8	91,6	90,6	84,1	86,3	101,3	107,9	104,4	106,3	64,4	41,6
I _T V	31,4	51,7	65,7	75,2	73,4	74,9	79,1	70,3	75,5	66,9	36,0	22,1
I _T N-V	14,6	26,9	38,4	52,2	69,1	73,7	77,8	68,5	54,9	36,1	16,8	10,6
I _T N	13,2	19,9	29,5	39,2	64,8	72,6	76,5	66,8	47,5	24,5	15,4	10,2
I _T N-E	14,6	26,9	38,4	52,2	69,1	73,7	77,8	68,5	54,9	36,1	16,8	10,6
I _T E	31,4	51,7	65,7	75,2	73,4	74,9	79,1	70,3	75,5	66,9	36,0	22,1
I _T S-E	61,1	83,8	91,6	90,6	84,1	86,3	101,3	107,9	104,4	106,3	64,4	41,6
I _T Oriz.	49,9	81,6	124,4	165,4	200,3	213,6	228,8	204,0	156,3	115,2	58,3	34,0
I _d – Vert.	13,2	19,9	29,5	39,2	46,6	49,8	49,0	43,3	34,4	24,5	15,4	10,2
I _d – Oriz.	26,3	39,8	58,9	78,3	93,2	99,6	98,0	86,6	68,7	48,9	30,8	20,5

TIMIȘOARA

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	68,8	97,5	97,5	91,8	89,3	96,9	110,8	122,8	127,8	121,0	66,9	58,2
I _T S-V	53,3	79,9	86,3	88,7	84,0	92,9	104,3	110,6	111,5	100,3	52,5	45,0
I _T V	28,0	49,6	62,5	73,8	73,3	79,6	80,9	71,5	79,7	63,7	30,4	23,6
I _T N-V	13,8	26,2	37,3	51,6	69,0	78,3	79,5	69,7	57,1	35,1	15,4	11,0
I _T N	12,6	19,6	29,1	39,0	64,7	76,9	78,1	67,9	48,9	24,4	14,3	10,6
I _T N-E	13,8	26,2	37,3	51,6	69,0	78,3	79,5	69,7	57,1	35,1	15,4	11,0
I _T E	28,0	49,6	62,5	73,8	73,3	79,6	80,9	71,5	79,7	63,7	30,4	23,6
I _T S-E	53,3	79,9	86,3	88,7	84,0	92,9	104,3	110,6	111,5	100,3	52,5	45,0
I _T Oriz.	45,2	78,7	118,5	162,2	200,0	233,7	236,2	209,0	165,2	110,1	50,0	36,0
I _d – Vert.	12,6	19,6	29,1	39,0	46,6	50,3	49,2	43,5	34,5	24,4	14,3	10,6
I _d – Oriz.	25,1	39,3	58,1	77,9	93,1	100,6	98,4	87,0	69,0	48,7	28,6	21,1

TURNU MĂGURELE

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I _T S	76,1	111,0	99,4	94,1	91,4	101,5	118,9	139,1	131,1	124,3	72,5	65,6
I _T S-V	58,8	90,7	88,0	90,9	85,9	97,1	111,7	124,6	114,3	103,1	56,8	50,6
I _T V	30,9	55,7	63,9	75,6	74,7	82,6	85,6	78,4	81,8	65,6	32,9	26,4
I _T N-V	15,1	28,7	38,3	52,7	70,3	81,2	84,0	76,2	58,5	36,4	16,6	12,2
I _T N	13,7	21,1	29,9	39,7	65,9	79,7	82,5	74,1	50,1	25,4	15,4	11,7
I _T N-E	15,1	28,7	38,3	52,7	70,3	81,2	84,0	76,2	58,5	36,4	16,6	12,2
I _T E	30,9	55,7	63,9	75,6	74,7	82,6	85,6	78,4	81,8	65,6	32,9	26,4
I _T S-E	58,8	90,7	88,0	90,9	85,9	97,1	111,7	124,6	114,3	103,1	56,8	50,6
I _T Oriz.	49,7	87,7	121,1	166,1	205,0	246,3	254,0	234,8	169,4	113,7	54,1	40,3
I _d – Vert.	13,7	21,1	29,9	39,7	47,0	50,8	50,3	45,2	35,3	25,4	15,4	11,7
I _d – Oriz.	27,5	42,2	59,9	79,3	93,9	101,6	100,6	90,4	70,6	50,9	30,9	23,4

TURNU SEVERIN

LUNA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I_T S	86,0	117,5	96,9	91,0	90,6	98,8	116,2	137,3	132,6	117,8	70,2	73,8
I_T S-V	66,1	95,6	85,8	88,0	85,1	94,6	109,2	123,1	115,5	97,8	55,0	56,5
I_T V	33,6	58,0	62,4	73,4	74,2	80,8	84,0	77,6	82,3	62,6	31,8	28,7
I_T N-V	15,3	28,9	37,5	51,5	69,8	79,4	82,5	75,5	58,7	35,1	16,0	12,4
I_T N	13,8	20,7	29,4	39,1	65,4	78,0	81,1	73,3	50,2	24,8	14,9	11,8
I_T N-E	15,3	28,9	37,5	51,5	69,8	79,4	82,5	75,5	58,7	35,1	16,0	12,4
I_T E	33,6	58,0	62,4	73,4	74,2	80,8	84,0	77,6	82,3	62,6	31,8	28,7
I_T S-E	66,1	95,6	85,8	88,0	85,1	94,6	109,2	123,1	115,5	97,8	55,0	56,5
I_T Oriz.	53,3	90,5	118,3	161,0	203,1	239,0	248,0	232,0	170,7	108,6	52,3	43,0
I_d – Vert.	13,8	20,7	29,4	39,1	46,8	50,3	50,0	44,9	35,1	24,8	14,9	11,8
I_d – Oriz.	27,6	41,4	58,8	78,2	93,6	100,7	99,9	89,8	70,2	49,5	29,8	23,6

ANEXA A 10

**PARAMETRI DE PERFORMANȚĂ TERMICĂ A ELEMENTELOR DE ANVELOPĂ ÎN
CONTACT CU SOLUL ȘI TEMPERATURI ALE SPAȚIILOR SUBZONELOR
SECUNDARE ALE CLĂDIRILOR**

ANEXA A.10.1

Valorile coeficienților numerici din ecuațiile (10.1) (10.6)

- Pereți laterali verticali (a_1, a_2, a_3)

Tabelul A.10.1.1.a

Coeficienți	Perete neizolat	Perete izolat
a_1	0,1868	0,0080
a_2	-0,9596	-0,0647
a_3	1,9200	0,3415

- Pardoseală (c_1, c_2, c_3)

Tabelul A.10.1.1.b

Coeficienți	Perete neizolat	Perete izolat
c_1	0,0632	$4,15 \cdot 10^{-3}$
c_2	0,2636	$-5,585 \cdot 10^{-2}$
c_3	0,4832	0,2352

- Pereți verticali (b_{1k}, b_{2k}, b_{3k})

Tabelul A.10.1.2.a

Luna	Perete neizolat			Perete izolat		
	b_{1k}	b_{2k}	b_{3k}	b_{1k}	b_{2k}	b_{3k}
I	0,0746	-1,0756	2,15	-0,0308	-0,3126	0,8227
II	0,397	-2,690	5,90	-0,1356	0,342	0,0013
III	-1,065	4,897	-7,00	-0,1302	0,757	-1,7576
IV	-1,5411	7,882	-14,05	-0,1806	1,3537	-4,000
V	-2,723	14,305	-27,06	-0,0945	1,4331	-5,731
VI	-3,139	16,796	-33,56	-0,1453	1,609	-6,915
VII	-3,700	19,721	-39,85	-0,1400	1,493	-7,505
VIII	-3,910	20,720	-42,31	-0,0800	1,204	-7,219
IX	-3,210	17,000	-36,00	-0,0354	0,672	-5,698
X	-2,100	10,980	-24,47	-0,0187	0,193	-3,593
XI	-1,500	7,450	-16,20	-0,0061	-0,1596	-1,726
XII	-0,358	1,361	-3,96	-0,0124	-0,3516	-0,0158

- Pardoseală (d_{1k} , d_{2k} , d_{3k} , d_{4k})

Tabelul A.10.1.2.b

Luna	Pardoseală neizolată				Pardoseală izolată			
	d_{1k}	d_{2k}	d_{3k}	d_{4k}	d_{1k}	d_{2k}	d_{3k}	d_{4k}
I	-0,106	0,5523	-0,8013	-1,9242	0	0,0734	-0,1295	-1,3967
II	-0,0864	0,522	-1,0702	-1,0372	0	0,0227	-0,0156	-1,1787
III	0,0893	-0,4879	0,890	-2,074	0	-0,0256	0,2645	-1,4479
IV	0,1322	-0,9067	2,1174	-3,142	0	-0,1098	0,6464	-1,9568
V	0,2798	-1,8181	4,2374	-5,053	0	-0,146	0,9472	-2,4136
VI	0,345	-2,221	5,3477	-6,4676	0	-0,149	1,1284	-3,0328
VII	0,3114	-2,3194	6,1655	-7,783	0	-0,148	1,2284	-3,445
VIII	0,3142	-2,3858	6,518	-8,593	0	-0,1218	1,1867	-3,681
IX	0,2545	-1,946	5,563	-8,222	0	-0,065	0,942	-3,550
X	0,1983	-1,345	3,8705	-6,869	0	-0,005	0,5967	-3,1147
XI	0,1025	-0,762	2,4396	-5,438	0	0,0412	0,2914	-2,6016
XII	0,0137	-0,0656	0,5553	-3,492	0	0,0669	0,0102	-1,869

ANEXA A.10.2

Valorile coeficienților incluși în relațiile (10.29) și (10.30)

$$E_1 = \frac{D_2 + B_2 \cdot D_3}{1 - B_3 \cdot D_3} \quad (\text{A.10.2.1})$$

$$E_2 = \frac{D_4}{1 - B_3 \cdot D_3} \quad (\text{A.10.2.2})$$

$$E_3 = \frac{D_1 + B_4 \cdot D_3}{1 - B_3 \cdot D_3} \quad (\text{A.10.2.3})$$

$$D_1 = \frac{C_5 \cdot t_e + C_6 + C_7 - 0,861 \cdot \delta_{CS} \cdot q_{R(0)} \cdot A_{R_{cs}} \cdot \gamma(\theta_e)}{C_1} \quad (\text{A.10.2.4})$$

$$D_2 = \frac{C_2}{C_1} \quad (\text{A.10.2.5})$$

$$D_3 = \frac{C_3}{C_1} \quad (\text{A.10.2.6})$$

$$D_4 = \frac{C_4}{C_1} \quad (\text{A.10.2.7})$$

$$C_1 = \frac{A_{i,CS}}{R_{i,CS}} + \frac{A_{CS,S}}{R_{CS,S}} + \frac{A_{CS,P}}{R_{CS,P}} + \sum_j \frac{A_{PeCS_j}}{R_{PeCS_j}} + \sum_n \frac{A_{FeCS_n}}{R_{FeCS_n}} + 0,33 \cdot n_{a_{\Sigma CS}} \cdot V_{CS} - 0,861 \cdot \delta_{CS} \cdot q_{R(0)} \cdot A_{R_{CS}} \cdot \omega(\theta_e) \quad (A.10.2.8)$$

$$C_2 = \frac{A_{i,CS}}{R_{i,CS}} \quad (A.10.2.9)$$

$$C_3 = \frac{A_{CS,P}}{R_{CS,P}} + 0,33 \cdot n_{a_{CS,P}} \cdot V_{CS} \quad (A.10.2.10)$$

$$C_4 = \frac{A_{CS,S}}{R_{CS,S}} \quad (A.10.2.11)$$

$$C_5 = 0,33 \cdot n_{a_{CS,E}} \cdot V_{CS} \quad (A.10.2.12)$$

$$C_6 = \sum_j \frac{A_{PeCS_j}}{R_{PeCS_j}} \cdot t_{E_{PeCS_j}} \quad (A.10.2.13)$$

$$C_7 = \sum_n \frac{A_{FeCS_n}}{R_{FeCS_n}} \cdot t_{E_{FeCS_n}} \quad (A.10.2.14)$$

$$B_2 = \frac{A_2}{A_1} \quad (A.10.2.15)$$

$$B_3 = \frac{A_3}{A_1} \quad (A.10.2.16)$$

$$B_4 = \frac{A_4}{A_1} \quad (A.10.2.17)$$

$$A_1 = \frac{A_{i,P}}{R_{i,P}} + \frac{A_{CS,P}}{R_{CS,P}} + \sum_j \frac{A_{AcP_j}}{R_{AcP_j}} + \sum_n \frac{A_{AcF_n}}{R_{AcF_n}} + 0,33 \cdot n_{a_{\Sigma P}} \cdot V_P \quad (A.10.2.18)$$

$$A_2 = \frac{A_{i,P}}{R_{i,P}} \quad (A.10.2.19)$$

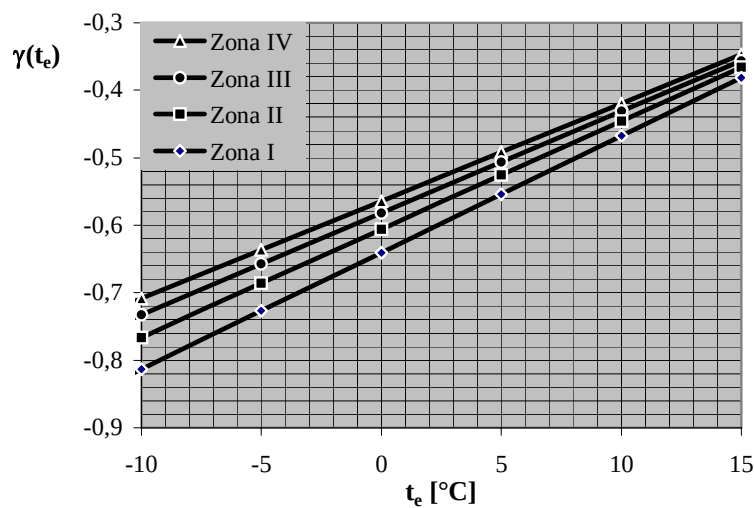
$$A_3 = \frac{A_{CS,P}}{R_{CS,P}} + 0,33 \cdot n_{a_{CS,P}} \cdot V_P \quad (\text{A.10.2.20})$$

$$A_4 = \sum_j \frac{A_{AcP_j}}{R_{AcP_j}} \cdot t_{E_{AcP_j}} + \sum_n \frac{A_{AcF_n}}{R_{AcF_n}} \cdot t_{E_{AcF_n}} + 0,33 \cdot n_{a_{P,E}} \cdot V_P \cdot \theta_e \quad (\text{A.10.2.21})$$

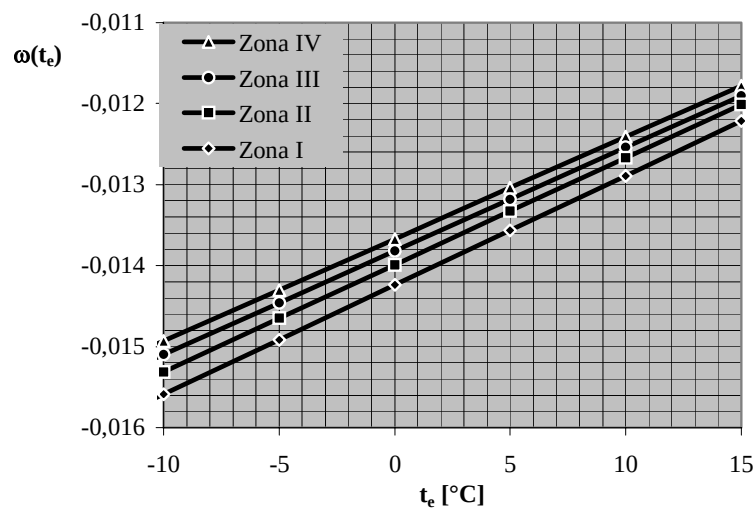
$$\delta_{CS} = \begin{cases} 1 & \text{-- pentru zona secundara, incalzita direct} \\ 0 & \text{-- pentru zona secundara neincalzita.} \end{cases} \quad (\text{A.10.2.22})$$

Notă: Zona secundară este de tip culoar de trecere sau casa scării

Funcțiile $\gamma(\theta_e)$ și $\omega(\theta_e)$ sunt reprezentate în figura A.10.2.1, în raport cu zona climatică în care este amplasată clădirea.



a)



b)

Figura A.10.2.1 – Coeficienții $\gamma(\theta_e)$ și $\omega(\theta_e)$

**Succesiunea etapelor de calcul privind transferul de căldură prin sol
și cel caracteristic spațiilor neocupate învecinate cu solul**

A.10.3.1 Subsol neocupat/ocupat

A.10.3.1.1. Transfer de căldură către aerul exterior

1. Se determină suprafețele:

$$A_{lat}$$

$$A_{pard}$$

în conformitate cu C 107/3.

2. Se determină rezistențele termice:

$$R_{ve} \text{ - relația (10.9) și Anexa A.10.1}$$

$$R_{pd} \text{ - relația (10.10) și Anexa A.10.1}$$

3. Se determină temperaturile exterioare de referință lunare:

$$\theta_{ev_k} \text{ - relația (10.11)}$$

$$\theta_{pd_k} \text{ - relația (10.12)}$$

4. Se determină rezistența termică medie:

$$\bar{R}_e \text{ - relația (10.7)}$$

5. Se determină temperatura exterioară medie de referință lunară:

$$\bar{\theta}_{eR_k} \text{ - relația (10.8)}$$

6. Se determină fluxul termic disipat prin sol către aerul exterior, în fiecare lună (k):

$$Q_{e_k} \text{ - relația (10.16)}$$

A.10.3.1.2 Transfer de căldură către pânza de apă freatică

1. Se determină rezistențele termice:

$$R_{vf} \text{ - relația (10.14)}$$

$$R_{pdf} \text{ - relația (10.15)}$$

2. Se determină rezistența termică medie:

$$\bar{R}_f \text{ - relația (10.13)}$$

3. Se determină fluxul termic disipat către pânza de apă freatică în fiecare lună (k):

$$Q_{f_k} \text{ - relația (10.17)}$$

A.10.3.2 Clădire amplasată subteran pe un soclu

A.10.3.2.1 Transfer de căldură către aerul exterior

1. Se determină suprafețele:

$$A_{lat}$$

$$A_{pard}$$

în conformitate cu C 107/3.

2. Se determină rezistențele termice:

$$R_{esc} \text{ - relația (10.20) și Anexa A.10.1}$$

$$R_{pdsc} \text{ - relația (10.21) și Anexa A.10.1}$$

3. Se determină temperaturile exterioare de referință lunare:

$$\theta_{es_k} \text{ - relația (10.22)}$$

$$\theta_{pdsc_k} \text{ - relația (10.23)}$$

4. Se determină rezistența termică medie:

$$\bar{R}_{esc} \text{ - relația (10.18)}$$

5. Se determină temperatura exterioară medie de referință lunară:

$$\bar{\theta}_{esc_k} \text{ - relația (10.19)}$$

6. Se determină fluxul termic disipat prin sol către aerul exterior:

$$Q_{sce} \text{ - relația (10.25)}$$

A.10.3.2.2 Transfer de căldură către pânza de apă freatică

1. Se determină rezistența termică:

$$R_{fsc} \text{ - relația (10.24)}$$

2. Se determină fluxul termic disipat către pânza de apă freatică în fiecare lună (k):

$$Q_{fsc_k} \text{ - relația (10.267)}$$

A.10.3.3 Determinarea temperaturii spațiilor neocupate θ_{s_k}

1. Clădire cu un singur spațiu neocupat (subsol):

Ecuția (10.27)

2. Clădire cu trei spații neocupate (zone):

Ecuția (10.28) - θ_{s_k} ;

Ecuția (10.29) - spațiul 1 adiacent subsolului;

Ecuția (10.30) - spațiul 2 adiacent spațiului 1.

Determinarea fluxurilor termice disipate prin sol în cazul incintelor de tip subsol și spații ocupate caracterizate de temperatură de confort sau tehnologică θ_{i_o} se face cu relațiile (10.16), (10.17), (10.25) și (10.26) în care $\theta_{s_k} = \theta_{i_o}$.

**TEMPERATURA PUNCTULUI DE ROUĂ (θ_r) PENTRU DIFERITE
TEMPERATURI ȘI UMIDITĂȚI RELATIVE ALE AERULUI INTERIOR [°C]**

Umiditatea relativă a aerului ϕ_i %	Temperatura aerului interior, T_i , în °C					
	12	14	16	18	20	22
100	+ 12,0	+ 14,0	+ 16,0	+ 18,0	+ 20, 0	+ 22,0
95	+ 11,2	+ 13,2	+ 15,2	+ 17,2	+ 19, 2	+ 21,2
90	+ 10,4	+ 12,4	+ 14,3	+ 16,3	+ 18, 3	+ 20,3
85	+ 9,6	+ 11,5	+ 13,5	+ 15,4	+ 17, 4	+ 19,4
80	+ 8,7	+ 10,6	+ 12,5	+ 14,5	+ 16, 5	+ 18,4
75	+ 7,7	+ 9,7	+ 11,6	+ 13,5	+ 15,4	+ 17,4
70	+ 6,7	+ 8,6	+ 10,5	+ 12,4	+ 14,4	+ 16,3
65	+ 5,7	+ 7,5	+ 9,4	+ 11,3	+ 13,2	+ 15,1
60	+ 4,5	+ 6,4	+ 8,2	+ 10,1	+ 12, 0	+ 13,9
55	+ 3,2	+ 5,1	+ 7,0	+ 8,8	+ 10,7	+ 12,5
50	+ 1,9	+ 3,7	+ 5,6	+ 7,4	+ 9,3	+ 11,1
45	+ 0,4	+ 2,3	+ 4,1	+ 5,9	+ 7,7	+ 9,5
40	- 1,0	+ 0,6	+ 2,4	+ 4,2	+ 6, 0	+ 7,8
35	- 2,6	- 1,1	+ 0,5	+ 2,3	+ 4,1	+ 5,9
30	- 4,5	- 2,9	- 1,3	+ 0,2	+ 1,9	+ 3,6
25	- 6,6	- 5,0	- 3,5	- 2,0	- 0,5	+ 1,1

METODĂ DE CALCUL PENTRU EVALUAREA INFLUENȚEI SISTEMELOR DE PROTECȚIE SOLARĂ ASUPRA PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRII

A12.1 EVALUAREA APORTURILOR SOLARE DATORATE ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE VITRATE

Se ia în considerare influența elementelor arhitecturale cu care se realizează sisteme solare pasive și a sisteme de protecție solară și cu considerarea condițiilor de amplasament al clădirilor.

Se prevede o metodă simplificată;

Se ține seama de efectele de umbrire date de vecinătățile naturale și construite etc.

Documente recomandate:

SR EN 410: “Sticlă pentru construcții. Determinarea caracteristicilor luminoase și solare ale vitrajelor”,

SR EN 673: “Sticlă pentru construcții. Determinarea transmitanței termice U. Metodă de calcul.”),

SR EN 13363-1: “Dispozitive de protecție solară aplicată vitrajelor. Calculul factorului de transmisie solară și luminoasă. Partea 1: Metodă simplificată”)

Se prezintă elemente de calcul a eficienței energetice și economice a sistemelor arhitectural constructive de control solar pasiv, a sistemelor pasive de captare a radiației solare de tipul Spațiu Solar ventilat/neventilat. Se fac recomandări privind utilizarea eficientă a diferitelor tipuri de protecții solare (de la plantații până la cele mai noi sisteme tehnologice).

Se prezintă limitele constructive și funcționale și utilizarea prin completare cu prepararea/preîncălzirea apei calde de consum în sistem pasiv/activ. Se prezintă caracteristicile constructive și criteriile de performanță termică a elementelor componente (vitraj, element de acumulare a căldurii, rezistența termică minimă a elementului de acumulare a căldurii, amplasarea fantelor de circulație a aerului și debitele recomandate de aer proaspăt introdus în spațiul ocupat adiacent). Se prezintă elemente de mentenanță.

Se prezintă o metodă simplificată pentru estimarea transmisiei totale a energiei solare a unui dispozitiv de protecție solară aplicat unui vitraj, care se bazează atât pe coeficientul de transfer termic și pe cel de transmisie a energiei solare totale a vitrajului, cât și pe factorul de transmisie luminoasă și pe factorul de reflexie al dispozitivului de protecție solară.

Dispozitivele de protecție solară sunt montate în paralel cu vitrajul, la exterior, la interior sau integrate și pot fi : storuri, jaluzele și transperante.

Poziția dispozitivului de protecție solară, așa cum s-a menționat, poate fi la interior, la exterior sau între foile de geam, într-un sistem de vitraj dublu.

Metoda este aplicabilă atunci când factorul de transmisie a energiei solare totale a vitrajului este cuprins între 0,15 și 0,85.

Jaluzelele sau storurile trebuie să poată fi reglate astfel încât să nu existe transmisie solară directă. Se presupune că pentru dispozitivele de protecție solară montate la exterior și dispozitivele de protecție solară integrate, spațiul dintre dispozitivele de protecție solară și vitraj nu este ventilat, iar pentru dispozitivele de protecție solară montate la interior acest spațiu este ventilat.

Se face referire la valoarea transmitanței termice a elementelor transparente, U pentru care se prezintă de asemenea metoda de determinare.

1.1 Determinarea factorului de transmisie solară și luminoasă a dispozitivelor de protecție solară aplicată vitrajelor.

Termeni, definiții, simboluri și unități de măsură

Simbolurile sunt prezentate în tabelul 1.1, iar indicii sunt prezentați în tabelul 1.2.

Tabelul 1.1 – Simboluri și unități de măsură

Simbol	Mărime fizică	Unitate de măsură
G	factor de transmisie a energiei solare totale	-
U	coeficient de transfer termic	$W/(m^2 \cdot K)$
G	conductanță termică	$W/(m^2 \cdot K)$
A	factor de absorbție	-
P	factor de reflexie luminoasă	-
τ	factor de transmisie luminoasă	-

Tabelul 1.2 – Indici

Indice	Notare
B	dispozitiv de protecție solară
E	exterior
G	vitraj
T	total
V	vizibil

Date caracteristice

Vitraj : Vitrajul este caracterizat de următoarele elemente:

- U_g Coeficient de transfer termic al vitrajului;
- g factor de transmisie al energiei solare totale;
- τ_v factor de transmisie luminoasă a vitrajului;
- ρ_v factor de reflexie luminoasă a vitrajului pe fața aflată în contact direct cu radiația incidentă;
- ρ_v' factor de reflexie luminoasă a vitrajului pe fața opusă celei în contact direct cu radiația;
- τ_e factor de transmisie solară directă a vitrajului;
- ρ_e factor de reflexie solară directă a vitrajului pe fața aflată în contact direct cu radiația;
- ρ_e' factor de reflexie solară directă a vitrajului pe fața opusă celei în contact direct cu radiația.

Determinarea transmitanței termice U_g este în conformitate cu documentele recomandate SR EN 673, EN 674 sau EN 675.

Parametrii g , τ_v și ρ_v , trebuie să se determine în conformitate cu documentul recomandat SR EN 410.

Dacă nu sunt disponibile nici un fel de date exacte, pot fi utilizate datele specifice pentru vitrajele indicate în tabelul A.1.

Factor de transmisie a energiei solare totale

NOTĂ – Formulele se bazează pe un model fizic simplu, iar valorile parametrilor studiați g sunt ajustați matematic pe baza unui calcul de referință mai precis, (document recomandat: EN 13363-2 „Dispositifs de protection solaire combinés à des vitrages – Calcul du factor de transmission solaire et lumineuse -Partie 2: Méthode de référence”.)

a.1. Dispozitiv de protecție solară montat la exterior

Figura 1.1 prezintă schematic instalarea dispozitivelor exterioare de protecție solară.

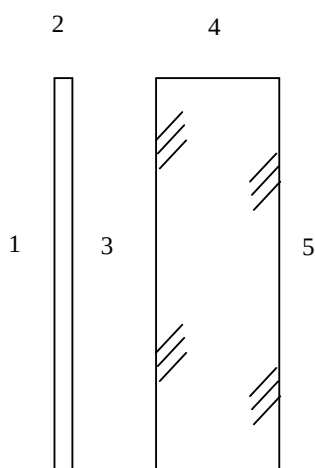


Figura 1.1 – Alcătuire caracteristică a dispozitivului de protecție solară montat la exterior
Legenda

- 1 Exterior
- 2 Dispozitiv de protecție solară
- 3 Spațiu neventilat
- 4 Vitraj
- 5 Interior

Factorul de transmisie totală a energiei solare al unui vitraj și al unui dispozitiv de protecție solară montat la exterior, este dat de:

$$g_t = \tau_{e,B} \cdot g + \alpha_{e,B} \cdot \frac{h}{h_2} + \tau_{e,B} \cdot (1 - g) \cdot \frac{h}{h_1} \quad (1)$$

unde:

$$\alpha_{e,B} = 1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B} \quad (2)$$

$$h_1 = 6 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (3)$$

$$h_2 = 18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (4)$$

$$h = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right)^{-1} \quad (5)$$

a.2. Dispozitiv de protecție solară montat la interior

Figura 1.2 prezintă schematic montarea la interior a dispozitivelor de protecție solară.

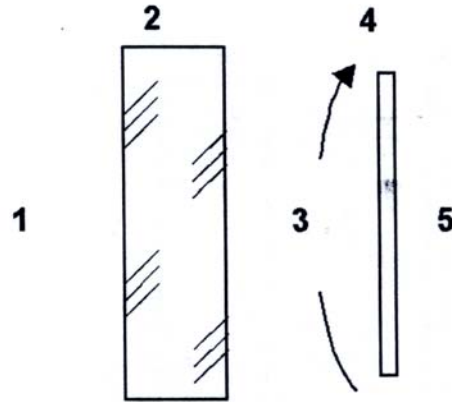


Figura 1.2 – Alcătuire caracteristică a unui dispozitiv de protecție solară montat la interior
Legenda

- 1 Exterior
- 2 Vitraj
- 3 Spațiu de aer ventilat spre interior
- 4 Dispozitiv de protecție solară
- 5 Interior

Factorul de transmisie totală a energiei solare al unui vitraj și al unui dispozitiv de protecție solară montat la interior este dat de:

$$g_t = g \cdot \left(1 - g \cdot \rho_{e,B} - \alpha_{e,B} \cdot \frac{h}{h_2} \right) \quad (6)$$

unde:

$$\alpha_{e,B} = 1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B} \quad (7)$$

$$h_2 = 18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (8)$$

$$h = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{h_2} \right)^{-1} \quad (9)$$

a.3. Dispozitiv integrat de protecție solară

Figura 1.3 prezintă schematic montarea dispozitivelor de protecție solară între două foi de geam. Metoda de calcul este valabilă pentru un sistem în care geamul exterior nu este peliculizat și geamul interior este fie nepeliculizat, fie are aplicată o peliculă de joasă emisivitate.

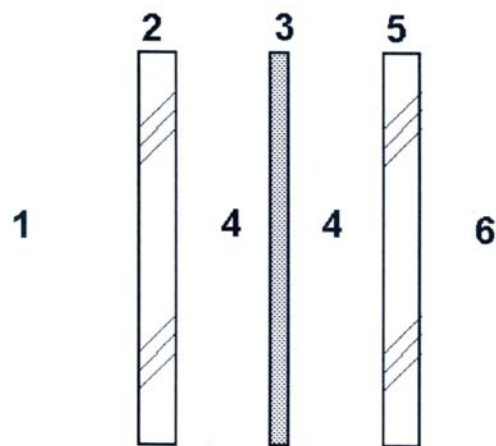


Figura 1.3 – Alcătuire caracteristică a unui dispozitiv de protecție solară integrat
Legenda

- 1 Exterior
- 2 Vitraj simplu nepeliculizat
- 3 Dispozitiv de protecție solară
- 4 Spațiu de aer neventilat
- 5 Vitraj simplu peliculizat sau nepeliculizat
- 6 Interior

Factorul de transmisie a energiei solare totale a unui dispozitiv de protecție solară amplasat între două geamuri (integrat), este dat de relația:

$$g_t = g \cdot \tau_{e,B} + g \cdot (\alpha_{e,B} + (1 - g) \cdot \rho_{e,B}) \cdot \frac{h}{h_3} \quad (10)$$

unde:

$$\alpha_{e,B} = 1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B} \quad (11)$$

$$h_3 = 3 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (12)$$

$$h = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{h_3} \right)^{-1} \quad (13)$$

A12.2 DETERMINAREA TRANSMITANȚEI TERMICE, U IN CAZUL SUPRAFEȚELOR VITRATE ECHIPATE CU ELEMENTE DE PROTECȚIE SOLARĂ

b.1. Dispozitiv de protecție solară montat la exterior

Figura 3.1 prezintă schematic instalarea dispozitivelor exterioare de protecție solară.

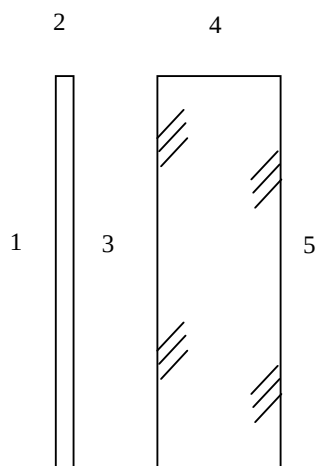


Figura 3.1– Alcătuire caracteristică a dispozitivului de protecție solară montat la exterior
Legenda

- 1 Exterior
- 2 Dispozitiv de protecție solară
- 3 Spațiu neventilat
- 4 Vitraj
- 5 Interior

$$\frac{1}{U_t} = \frac{1}{U} + R_{se} + R_{sev}$$

unde :

U_t – transmitanța termică a elementului vitrat cu protecție solară, $W/m^2.K$;

U – transmitanța termică a elementului vitrat, $W/m^2.K$;

R_{se} – rezistența termică a elementului de protecție solară, $m^2.K/W$;

R_{sev} – rezistența termică a spațiului de aer dintre elementul de protecție solară și elementul vitrat, $m^2.K/W$;

Rezistența termică a elementului de protecție solară, R_{se} , este de tip conductiv și depinde de reglarea elementului de protecție solară și de grosimea și materialul din care este alcătuit;

Rezistența termică a spațiului de aer dintre elementul de protecție solară și elementul vitrat, R_{sev} , se poate considera având valoarea $0.08 m^2.K/W$;

b.2. Dispozitiv de protecție solară montat la interior

Figura 3.2 prezintă schematic montarea la interior a dispozitivelor de protecție solară.

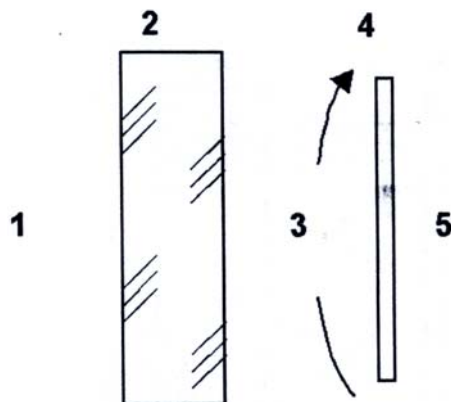


Figura 3.2– Alcătuire caracteristică a unui dispozitiv de protecție solară montat la interior
Legenda

- 1 Exterior
- 2 Vitraj
- 3 Spațiu de aer ventilat spre interior
- 4 Dispozitiv de protecție solară
- 5 Interior

$$\frac{1}{U_t} = \frac{1}{U} + R_{vsi} + R_{si}$$

unde :

U_t – transmitanța termică a elementului vitrat cu protecție solară, $W/m^2.K$;

U – transmitanța termică a elementului vitrat, $W/m^2.K$;

R_{si} – rezistența termică a elementului de protecție solară, $m^2.K/W$;

R_{vsi} – rezistența termică a spațiului de aer dintre elementul de protecție solară și elementul vitrat, $m^2.K/W$;

Rezistența termică a elementului de protecție solară, R_{si} , este de tip conductiv și depinde de reglarea elementului de protecție solară și de grosimea și materialul din care este alcătuit;

Rezistența termică a spațiului de aer dintre elementul de protecție solară și elementul vitrat, R_{vsi} , se poate considera având valoarea $0.10 m^2.K/W$;

b.3. Dispozitiv integrat de protecție solară

Figura 2.6 prezintă schematic montarea dispozitivelor de protecție solară între două foi de geam. Metoda de calcul este valabilă pentru un sistem în care geamul exterior nu este peliculizat și geamul interior este fie nepeliculizat, fie are aplicată o peliculă de joasă emisivitate.

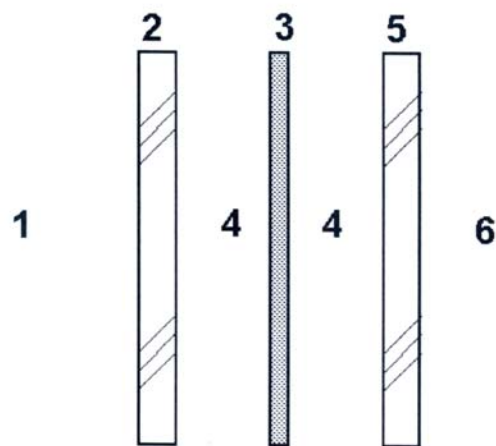


Figura 3.3– Alcătuire caracteristică a unui dispozitiv de protecție solară integrat
Legenda

- 1 Exterior
- 2 Vitraj simplu nepeliculizat
- 3 Dispozitiv de protecție solară
- 4 Spațiu de aer neventilat
- 5 Vitraj simplu peliculizat sau nepeliculizat
- 6 Interior

$$\frac{1}{U_t} = \frac{1}{U} + R_s + \frac{1}{h}$$

unde :

U_t – transmitanța termică a elementului vitrat cu protecție solară, $W/m^2.K$;

U – transmitanța termică a elementului vitrat, $W/m^2.K$;

R_s – rezistența termică a elementului de protecție solară, $m^2.K/W$;

h – conductanța termică a stratului de gaz dintre elementul de protecție solară și unul dintre elementele vitrate, $W/m^2.K$;

Rezistența termică a elementului de protecție solară, R_s , este de tip conductiv și depinde de reglarea elementului de protecție solară și de grosimea și materialul din care este alcătuit;

Conductanța termică a spațiului de gaz dintre elementul de protecție solară și unul dintre elementele vitrate, h , se poate considera având valoarea $2 W/m^2.K$;

A. VALORI CARACTERISTICE PENTRU VITRAJE ȘI DISPOZITIVE DE PROTECȚIE SOLARĂ

Tabelul A.1 – Valori referitoare la vitraje tip

Produs	Coeficient de transfer termic U_g $W/(m^2 \cdot K)$	Factor de transmisie a energiei solare totale g	Factor de transmisie a luminii τ_v	Factor de reflexie a luminii $\rho = \rho'_v$
Geam simplu	5,7	0,85	0,90	0,08
Geam dublu transparent	3,0	0,75	0,82	0,15
Geam triplu transparent	2,0	0,65	0,75	0,20
Geam dublu transparent cu o peliculă de joasă emisivitate	1,6	0,72	0,75	0,17
NOTĂ – Datele furnizează o estimare prudentă pentru sarcina de răcire				

Tabelul A.2 – Valori referitoare la dispozitive tip de protecție solară

Factor de transmisie $\tau_{e,B}$		Factor de reflexie $\rho_{e,B}$			
		Alb	Pastel	Închis	Negru
Opac	0,0	0,7	0,5	0,3	0,1
Mediu translucid	0,2	0,6	0,4	0,2	0,1
Foarte translucid	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1

Acestea sunt valori caracteristice ale factorilor de transmisie și de reflexie ai materialelor dispozitivelor de protecție solară. Coeficientul de absorbție este $\alpha_{e,B} = 1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B}$. Se presupune că factorii de transmisie și de reflexie ai luminii au valori egale cu cei pentru energia solară.

În cazul stourilor sau al jaluzelelor, caracteristicile de mai sus sunt aplicabile când dispozitivul de protecție solară este închis. În situația în care dispozitivul de protecție solară este deschis la 45°, și presupunând că nu există o pătrundere directă a radiației solare, trebuie să se utilizeze următoarele valori corectate:

$$\tau_{e,B}^{45^\circ} = 0,65 \cdot \tau_{e,B} + 0,15 \cdot \rho_{e,B}$$

$$\rho_{e,B}^{45^\circ} = \rho_{e,B} \cdot (0,75 + 0,70 \cdot \tau_{e,B})$$

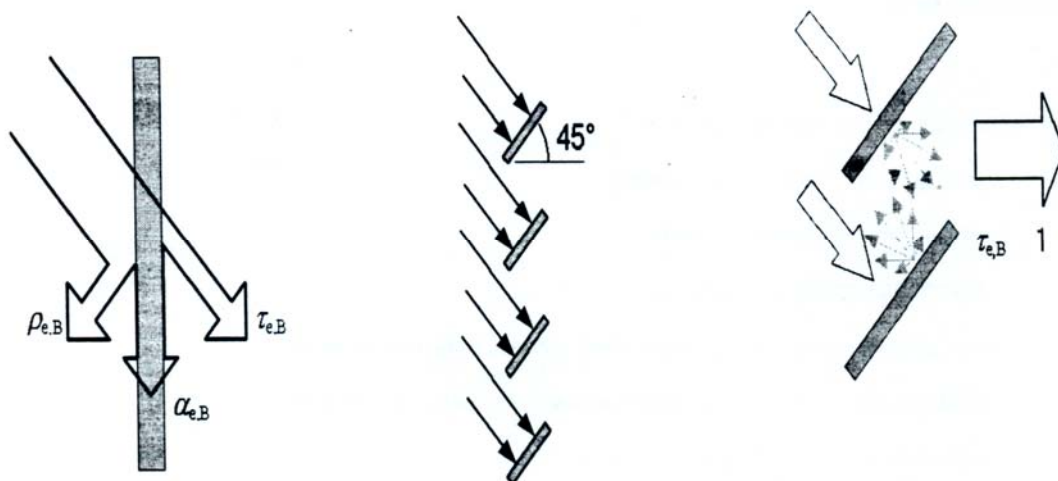


Fig 3.4 - Principii ale transmisiei energiei solare la dispozitivele de protecție solară
Legenda

1 Dispozitive de protecție solară deschise la 45 °

- (a) Factor de transmisie, de absorbție și de reflexie al unui dispozitiv de protecție solară (b) Nici o pătrundere directă în cazul dispozitivelor de protecție solară de tip storuri sau jaluzele, deschise la 45 ° (c) Principiul corecției factorului de transmisie în cazul obloanelor deschise la 45 °

B. EXEMPLU DE CALCUL PENTRU UN DISPOZITIV DE PROTECȚIE SOLARĂ APLICAT UNUI VITRAJ

Această anexă prezintă un exemplu de calcul pentru cele trei poziții ale unui dispozitiv de protecție solară de culoare pastel, mediu translucid, combinat cu un vitraj dublu, transparent. Următoarele valori sunt preluate din tabelele A.1 și A.2:

Vitraj:	Dispozitiv de protecție solară:
$\tau_v = 0,82$	$\tau_{e,B} = 0,2$
$g = 0,75$	$\rho_{e,B} = 0,4$
$U = 3,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	$\alpha_{e,B} = 1 - 0,2 - 0,4 = 0,4$
$\rho_v = \rho_v' = 0,15$	

a.1. Dispozitiv de protecție solară montat la exterior

$$h = \frac{1}{\frac{1}{3,0} + \frac{1}{18} + \frac{1}{6}} = 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$g_t = 0,2 \cdot 0,75 + 0,4 \cdot \frac{1,8}{18} + 0,2 \cdot (1 - 0,75) \cdot \frac{1,8}{6} = 0,21$$

a.2. Dispozitiv de protecție solară montat la interior

$$h = \frac{1}{\frac{1}{3,0} + \frac{1}{18}} = 2,6 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$g_t = 0,75 \cdot \left(1 - 0,75 \cdot 0,4 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{18} \right) = 0,48$$

a.3. Dispozitiv de protecție solară integrat

$$h = \frac{1}{\frac{1}{3,0} + \frac{1}{3}} = 1,5 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$g_t = 0,75 \cdot 0,2 + 0,75 \cdot (0,4 + (1 - 0,75) \cdot 0,4) \cdot \frac{1,5}{3} = 0,34$$

Factorul de transmisie luminoasă :

$$\tau_{v,t} = \frac{0,82 \cdot 0,2}{1 - 0,15 \cdot 0,4} = 0,17$$

Factorul de transmisie solară directă :

$$\tau_{e,t} = \frac{0,87 \cdot 0,2}{1 - 0,07 \cdot 0,4} = 0,179$$

**Valoarea iluminării pentru cerințe specifice ale funcțiunilor spațiului interior
(document recomandat STAS 6221-89)**

Categorია de muncă	Caracterul lucrărilor care se execută în încăpere		Valoarea iluminării					
			Iluminare laterală				Iluminare de sus și combinată cu laterală	
	Gradul de precizie	Dimensiunile obiectului de distingere (mm)	Valoare minimă		Valoare recomandată		Valoare medie	
			<i>E</i> lx	<i>c</i> %	<i>E</i> lx	<i>c</i> %	<i>E</i> lx	<i>c</i> %
I	Lucru de precizie deosebită	Detalii sub 0,1	140	3,5	200	5	400	10
II	Lucru de mare precizie	Detalii între 0,1 și 0,3	80	2,0	160	4	280	7
III	Lucru de precizie	Detalii între 0,3 și 1	60	1,5	100	2,5	200	5
IV	Lucru de precizie mică	Detalii între 1 și 10	40	1,0	80	2,0	120	3
V	Lucru brut	Detalii peste 10	20	0,5	32	0,8	80	2
VI	Lucru care necesită supravegher ea generală a procesului de producție	-	10	0,25	16	0,4	40	1

**Inălțimea planului util pentru funcțiuni uzuale
(document recomandat STAS 6221-89)**

Categoria de muncă	Denumirea încăperilor	Suprafața planului de lucru
I	- Săli de desen - Ateliere de pictură - Săli de expunere pentru obiecte colorate	0,85...1,00 m deasupra pardoselii
II	- Clase, auditorii, laboratoare și ateliere de învățământ - Laboratoare ale instituțiilor de cercetări și control - Expoziții și muzee iluminate natural	0,85...1,00 m deasupra pardoselii
	- Săli sportive și de cultură fizică	La nivelul pardoselii
III	- Săli de: consultații, pansamente, instrumente, bolnavi și de naștere, farmacie și cameră de gardă la spitale, sanatorii, policlinici - Săli de lectură în biblioteci - Încăperi pentru laboratoare microbiologice	0,85...1,00 m deasupra pardoselii
IV	- Camere de zi, de dormit, bucătării, holuri ce primesc lumina directă, la locuințe - Camere de dormit în cămine, internate, hoteluri, case de odihnă, creșe, cămine de copii	0,85...1,00 m deasupra pardoselii
	- Camera de joc și triere la cămine de copii și creșe	La nivelul pardoselii
	- Birouri obișnuite de lucru și în încăperi administrative - Săli de recreație, holuri și săli de gimnastică în școli - Săli de mese, oficii, bucătării, săli de prelucrarea alimentelor la restaurante – cantine, spitale etc. - Încăperi auxiliare la spitale, policlinici, sanatorii	0,85...1,00 m deasupra pardoselii
	- Foaieruri și holuri în hoteluri - Săli de așteptare, holuri și vestibuluri în gări - Săli de festivități - Noduri sanitare în creșe și grădinițe	La nivelul pardoselii
V	- Săli de spectacol și degajamentele acestora - Încăperile de deservire la spitale, sanatorii, policlinici, stabilimente publice ca băi, dușuri, grupuri sanitare, vestiare, vestibuluri, garderobe etc. - Scări	La nivelul pardoselii
VI	- Vestibuluri, coridoare, grupuri sanitare la alte clădiri decât cele specificate la categoria de muncă V - Săli de cazane, depozite, cămări	La nivelul pardoselii
	-	

OBSERVAȚIE: Alte încăperi neprevăzute în tabelul anexă I se vor încadra prin asimilare, în una din categoriile prevăzute în funcție de specificul lor.

**METODĂ DE CALCUL SIMPLIFICATĂ PENTRU DETERMINAREA REZISTENȚELOR
TERMICE CORECTATE LA CLĂDIRILE EXISTENTE – TABELE CU VALORI
PRECALCULATE PENTRU COEFICIENȚII DE REDUCERE/CORECȚIE “r1” ȘI “r2”**

LEGENDA

l	lungimea însumată a tuturor punților termice liniare [m];
p	ponderea însumată a tuturor zonelor neizolate sau mai puțin izolate termic [-];
A	aria totală a elementului de construcție, caracterizată prin aceeași rezistență termică unidirecțională [m ²];
$\bar{U}$	transmitanța termică unidirecțională, medie, ponderată, aferentă ariei totale a zonelor neizolate sau mai puțin izolate termic [W/(m ² K)];
R	rezistența termică unidirecțională din câmp curent [m ² K/W];
R_1	rezistența termică unidirecțională a tuturor straturilor cuprinse între cota ±0,00 și cota stratului invariabil (CSI), la care se adaugă rezistența la transfer termic superficial interior [m ² K/W]
r_1	coeficientul de reducere a rezistențelor termice unidirecționale din câmp curent, care ține seama de influența punților termice liniare [-];
r_2	coeficientul de reducere a rezistențelor termice unidirecționale din câmp curent, care ține seama de prezența, în cadrul ariei elementului de construcție perimetral, a unor zone neizolate sau mai puțin izolate termic [-].
$\bar{\psi} = \frac{\sum(\psi_j \cdot l_j)}{l}$	coeficientul liniar de transfer termic, mediu, ponderat [W/(mK)]

TABELUL A 14.1

R	I/A	Coeficienți “r ₁ ” pentru planșee de terasă și de pod							
		$\bar{\psi}$							
		0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
0.60	0.10	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.82	0.96	0.95
	0.20	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.82	0.92	0.91
	0.30	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.82	0.89	0.87
	0.40	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.82	0.86	0.84
	0.50	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.82	0.83	0.81
0.80	0.10	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.72	0.95	0.94
	0.20	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.72	0.90	0.89
	0.30	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.72	0.86	0.84
	0.40	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.72	0.82	0.80
	0.50	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.72	0.78	0.76
1.00	0.10	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.63	0.93	0.93
	0.20	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.63	0.88	0.86
	0.30	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.63	0.83	0.81
	0.40	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.63	0.78	0.76
	0.50	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.63	0.74	0.71
1.20	0.10	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.54	0.92	0.91
	0.20	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.54	0.86	0.84
	0.30	0.97	0.93	0.90	0.87	0.85	0.54	0.80	0.78
	0.40	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.54	0.75	0.72
	0.50	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.54	0.70	0.68
1.40	0.10	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.46	0.91	0.90
	0.20	0.97	0.95	0.92	0.90	0.88	0.46	0.84	0.82
	0.30	0.96	0.92	0.89	0.86	0.83	0.46	0.77	0.75
	0.40	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78	0.46	0.72	0.69
	0.50	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.46	0.67	0.64
1.60	0.10	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.39	0.90	0.89
	0.20	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.39	0.82	0.80
	0.30	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.39	0.75	0.72
	0.40	0.94	0.89	0.84	0.80	0.76	0.39	0.69	0.66
	0.50	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.39	0.64	0.61
1.80	0.10	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.34	0.89	0.87
	0.20	0.97	0.93	0.90	0.87	0.85	0.34	0.80	0.78
	0.30	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79	0.34	0.73	0.70
	0.40	0.93	0.87	0.82	0.78	0.74	0.34	0.66	0.63
	0.50	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.34	0.61	0.58
2.00	0.10	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.29	0.88	0.86
	0.20	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.29	0.78	0.76
	0.30	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.29	0.70	0.68
	0.40	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.29	0.64	0.61
	0.50	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.29	0.59	0.56

TABELUL A 14.2

R	l/A	Coeficienți “r ₁ ” pentru planșee peste subsoluri neîncălzite							
		$\bar{\psi}$							
		0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
0.30	0.10	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98
	0.20	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95
	0.30	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93
	0.40	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.50	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89
0.40	0.10	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97
	0.20	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94
	0.30	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.40	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
	0.50	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86
0.60	0.10	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95
	0.20	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.30	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87
	0.40	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	0.50	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81
0.80	0.10	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94
	0.20	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
	0.30	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	0.40	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
	0.50	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76
1.00	0.10	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93
	0.20	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86
	0.30	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81
	0.40	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76
	0.50	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71
1.20	0.10	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.20	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	0.30	0.97	0.93	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.78
	0.40	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	0.50	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68
1.40	0.10	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90
	0.20	0.97	0.95	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82
	0.30	0.96	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75
	0.40	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69
	0.50	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64
1.60	0.10	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
	0.20	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
	0.30	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	0.40	0.94	0.89	0.84	0.80	0.76	0.72	0.69	0.66
	0.50	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61

TABELUL A 14.3

R ₁	l/A	Coeficienți “r ₁ ” pentru placa pe sol							
		$\bar{\psi}$							
		0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
2.50	0.10	2.30	2.06	1.87	1.71	1.57	1.46	1.36	1.27
	0.20	1.71	1.46	1.27	1.13	1.01	0.92	0.84	0.78
	0.30	1.36	1.13	0.97	0.84	0.75	0.67	0.61	0.56
	0.40	1.13	0.92	0.78	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44
	0.50	0.97	0.78	0.65	0.56	0.49	0.44	0.39	0.36
3.00	0.10	2.15	1.90	1.71	1.55	1.42	1.31	1.21	1.13
	0.20	1.55	1.31	1.13	0.99	0.89	0.80	0.73	0.67
	0.30	1.21	0.99	0.84	0.73	0.65	0.58	0.52	0.48
	0.40	0.99	0.80	0.67	0.58	0.51	0.45	0.41	0.37
	0.50	0.84	0.67	0.56	0.48	0.42	0.37	0.33	0.30
3.50	0.10	2.02	1.77	1.57	1.42	1.29	1.18	1.09	1.01
	0.20	1.42	1.18	1.01	0.89	0.79	0.71	0.65	0.59
	0.30	1.09	0.89	0.75	0.65	0.57	0.51	0.46	0.42
	0.40	0.89	0.71	0.59	0.51	0.45	0.40	0.36	0.32
	0.50	0.75	0.59	0.49	0.42	0.37	0.32	0.29	0.26
4.00	0.10	1.90	1.65	1.46	1.31	1.18	1.08	0.99	0.92
	0.20	1.31	1.08	0.92	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53
	0.30	0.99	0.80	0.67	0.58	0.51	0.45	0.41	0.37
	0.40	0.80	0.64	0.53	0.45	0.40	0.35	0.32	0.29
	0.50	0.67	0.53	0.44	0.37	0.32	0.29	0.26	0.23
4.50	0.10	1.80	1.55	1.36	1.21	1.09	0.99	0.91	0.84
	0.20	1.21	0.99	0.84	0.73	0.65	0.58	0.52	0.48
	0.30	0.91	0.73	0.61	0.52	0.46	0.41	0.37	0.33
	0.40	0.73	0.58	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.26
	0.50	0.61	0.48	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21
5.00	0.10	1.71	1.46	1.27	1.13	1.01	0.92	0.84	0.78
	0.20	1.13	0.92	0.78	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44
	0.30	0.84	0.67	0.56	0.48	0.42	0.37	0.33	0.30
	0.40	0.67	0.53	0.44	0.37	0.32	0.29	0.26	0.23
	0.50	0.56	0.44	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19
5.50	0.10	1.62	1.38	1.20	1.06	0.95	0.86	0.78	0.72
	0.20	1.06	0.86	0.72	0.62	0.55	0.49	0.44	0.40
	0.30	0.78	0.62	0.52	0.44	0.39	0.34	0.31	0.28
	0.40	0.62	0.49	0.40	0.34	0.30	0.26	0.24	0.21
	0.50	0.52	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17
6.00	0.10	1.55	1.31	1.13	0.99	0.89	0.80	0.73	0.67
	0.20	0.99	0.80	0.67	0.58	0.51	0.45	0.41	0.37
	0.30	0.73	0.58	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.26
	0.40	0.58	0.45	0.37	0.32	0.27	0.24	0.22	0.20
	0.50	0.48	0.37	0.30	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16

TABELUL A 14.4

R	I/A	Coeficienți “r ₁ ” pentru pereți exteriori							
		$\bar{\psi}$							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.40	0.20	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97
	0.40	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94
	0.60	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.80	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
	1.00	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86
	1.20	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	1.40	0.97	0.95	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82
	1.60	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
	1.80	0.97	0.93	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.78
	2.00	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76
0.60	0.20	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95
	0.40	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.60	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87
	0.80	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	1.00	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81
	1.20	0.97	0.93	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.78
	1.40	0.96	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75
	1.60	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	1.80	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70
	2.00	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68
0.80	0.20	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94
	0.40	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
	0.60	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	0.80	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
	1.00	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76
	1.20	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	1.40	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69
	1.60	0.94	0.89	0.84	0.80	0.76	0.72	0.69	0.66
	1.80	0.93	0.87	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.63
	2.00	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61
1.00	0.20	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93
	0.40	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86
	0.60	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81
	0.80	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76
	1.00	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71
	1.20	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68
	1.40	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64
	1.60	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61
	1.80	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58
	2.00	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56

1.20	0.20	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.40	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	0.60	0.97	0.93	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.78
	0.80	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	1.00	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68
	1.20	0.93	0.87	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.63
	1.40	0.92	0.86	0.80	0.75	0.70	0.66	0.63	0.60
	1.60	0.91	0.84	0.78	0.72	0.68	0.63	0.60	0.57
	1.80	0.90	0.82	0.76	0.70	0.65	0.61	0.57	0.54
	2.00	0.89	0.81	0.74	0.68	0.63	0.58	0.54	0.51
1.40	0.20	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90
	0.40	0.97	0.95	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82
	0.60	0.96	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75
	0.80	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69
	1.00	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64
	1.20	0.92	0.86	0.80	0.75	0.70	0.66	0.63	0.60
	1.40	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67	0.63	0.59	0.56
	1.60	0.90	0.82	0.75	0.69	0.64	0.60	0.56	0.53
	1.80	0.89	0.80	0.73	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50
	2.00	0.88	0.78	0.70	0.64	0.59	0.54	0.51	0.47
1.60	0.20	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
	0.40	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
	0.60	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	0.80	0.94	0.89	0.84	0.80	0.76	0.72	0.69	0.66
	1.00	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61
	1.20	0.91	0.84	0.78	0.72	0.68	0.63	0.60	0.57
	1.40	0.90	0.82	0.75	0.69	0.64	0.60	0.56	0.53
	1.60	0.89	0.80	0.72	0.66	0.61	0.57	0.53	0.49
	1.80	0.87	0.78	0.70	0.63	0.58	0.54	0.50	0.46
	2.00	0.86	0.76	0.68	0.61	0.56	0.51	0.47	0.44
1.8	0.20	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87
	0.40	0.97	0.93	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.78
	0.60	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70
	0.80	0.93	0.87	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.63
	1.00	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58
	1.20	0.90	0.82	0.76	0.70	0.65	0.61	0.57	0.54
	1.40	0.89	0.80	0.73	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50
	1.60	0.87	0.78	0.70	0.63	0.58	0.54	0.50	0.46
	1.80	0.86	0.76	0.67	0.61	0.55	0.51	0.47	0.44
	2.00	0.85	0.74	0.65	0.58	0.53	0.48	0.44	0.41

TABELUL A 14.5

R	p	Coeficienți “r ₂ ” pentru planșee de terasă și de pod							
		$\bar{U}$							
		1.00	1.50	2.00	2.25	2.50	3.00	3.25	3.50
0.60	0.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99
	0.02	1.01	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98
	0.03	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97
	0.04	1.02	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96
	0.05	1.02	1.01	0.99	0.98	0.98	0.96	0.95	0.95
0.80	0.01	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
	0.02	1.00	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97
	0.03	1.01	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95
	0.04	1.01	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93
	0.05	1.01	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.93	0.92
1.00	0.01	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98
	0.02	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95
	0.03	1.00	0.99	0.97	0.96	0.96	0.94	0.94	0.93
	0.04	1.00	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.05	1.00	0.98	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
1.20	0.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97
	0.02	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94
	0.03	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
	0.04	0.99	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
	0.05	0.99	0.96	0.93	0.92	0.91	0.88	0.87	0.86
1.40	0.01	1.00	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96
	0.02	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93
	0.03	0.99	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.90
	0.04	0.98	0.96	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87
	0.05	0.98	0.95	0.92	0.90	0.89	0.86	0.85	0.84
1.60	0.01	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96
	0.02	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92
	0.03	0.98	0.96	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.88
	0.04	0.98	0.95	0.92	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
	0.05	0.97	0.93	0.90	0.88	0.87	0.84	0.83	0.81
1.80	0.01	0.99	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95
	0.02	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90
	0.03	0.98	0.95	0.93	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86
	0.04	0.97	0.94	0.91	0.89	0.88	0.85	0.84	0.83
	0.05	0.96	0.92	0.88	0.87	0.85	0.82	0.80	0.79
2.00	0.01	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94
	0.02	0.98	0.96	0.94	0.93	0.93	0.91	0.90	0.89
	0.03	0.97	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85
	0.04	0.96	0.93	0.89	0.88	0.86	0.83	0.82	0.81
	0.05	0.95	0.91	0.87	0.85	0.83	0.80	0.78	0.77

TABELUL A 14.6

R	p	Coeficienți “r ₂ ” pentru planșee peste subsoluri neîncălzite							
		$\bar{U}$							
		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	2.75	3.00	3.50
0.60	0.10	1.08	1.04	1.01	0.98	0.95	0.94	0.93	0.90
	0.15	1.12	1.06	1.02	0.97	0.93	0.91	0.89	0.86
	0.20	1.16	1.09	1.02	0.96	0.91	0.88	0.86	0.82
	0.25	1.21	1.11	1.03	0.95	0.89	0.86	0.83	0.78
	0.30	1.27	1.14	1.03	0.94	0.87	0.84	0.81	0.75
0.80	0.10	1.06	1.02	0.98	0.94	0.91	0.89	0.88	0.85
	0.15	1.10	1.03	0.97	0.92	0.87	0.85	0.83	0.79
	0.20	1.14	1.04	0.96	0.89	0.83	0.81	0.78	0.74
	0.25	1.18	1.05	0.95	0.87	0.80	0.77	0.74	0.69
	0.30	1.22	1.06	0.94	0.85	0.77	0.74	0.70	0.65
1.00	0.10	1.05	1.00	0.95	0.91	0.87	0.85	0.83	0.80
	0.15	1.08	1.00	0.93	0.87	0.82	0.79	0.77	0.73
	0.20	1.11	1.00	0.91	0.83	0.77	0.74	0.71	0.67
	0.25	1.14	1.00	0.89	0.80	0.73	0.70	0.67	0.62
	0.30	1.18	1.00	0.87	0.77	0.69	0.66	0.63	0.57
1.20	0.10	1.04	0.98	0.93	0.88	0.83	0.81	0.79	0.76
	0.15	1.06	0.97	0.89	0.83	0.77	0.74	0.72	0.68
	0.20	1.09	0.96	0.86	0.78	0.71	0.68	0.66	0.61
	0.25	1.11	0.95	0.83	0.74	0.67	0.63	0.61	0.56
	0.30	1.14	0.94	0.81	0.70	0.63	0.59	0.56	0.51
1.40	0.10	1.03	0.96	0.90	0.85	0.80	0.78	0.76	0.72
	0.15	1.05	0.94	0.86	0.79	0.73	0.70	0.68	0.63
	0.20	1.06	0.93	0.82	0.74	0.67	0.64	0.61	0.56
	0.25	1.08	0.91	0.78	0.69	0.62	0.58	0.56	0.51
	0.30	1.10	0.89	0.75	0.65	0.57	0.54	0.51	0.46
1.60	0.10	1.02	0.94	0.88	0.82	0.77	0.75	0.72	0.68
	0.15	1.03	0.92	0.83	0.75	0.69	0.66	0.64	0.59
	0.20	1.04	0.89	0.78	0.69	0.63	0.60	0.57	0.52
	0.25	1.05	0.87	0.74	0.65	0.57	0.54	0.51	0.47
	0.30	1.06	0.85	0.70	0.60	0.53	0.50	0.47	0.42
1.80	0.10	1.01	0.93	0.85	0.79	0.74	0.72	0.69	0.65
	0.15	1.02	0.89	0.80	0.72	0.66	0.63	0.60	0.56
	0.20	1.02	0.86	0.75	0.66	0.59	0.56	0.53	0.49
	0.25	1.03	0.83	0.70	0.61	0.53	0.50	0.48	0.43
	0.30	1.03	0.81	0.66	0.56	0.49	0.46	0.43	0.39
2.00	0.10	1.00	0.91	0.83	0.77	0.71	0.69	0.67	0.63
	0.15	1.00	0.87	0.77	0.69	0.63	0.60	0.57	0.53
	0.20	1.00	0.83	0.71	0.63	0.56	0.53	0.50	0.45
	0.25	1.00	0.80	0.67	0.57	0.50	0.47	0.44	0.40
	0.30	1.00	0.77	0.63	0.53	0.45	0.43	0.40	0.36

TABELUL A 14.7

R ₁	p	Coeficienți “r ₂ ” pentru placa pe sol							
		$\bar{U}$							
		0.20	0.225	0.25	0.275	0.30	0.325	0.35	0.375
2,50	0.10	1.05	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01
	0.15	1.08	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01
	0.20	1.10	1.10	1.08	1.07	1.05	1.04	1.03	1.01
	0.25	1.10	1.10	1.10	1.08	1.07	1.05	1.03	1.02
	0.30	1.10	1.10	1.10	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02
3,00	0.10	1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	1.00	1.00	0.99
	0.15	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.99	0.98
	0.20	1.09	1.07	1.05	1.04	1.02	1.01	0.99	0.98
	0.25	1.10	1.09	1.07	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97
	0.30	1.10	1.10	1.08	1.06	1.03	1.01	0.99	0.96
3,50	0.10	1.03	1.02	1.01	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97
	0.15	1.05	1.03	1.02	1.01	0.99	0.98	0.97	0.96
	0.20	1.06	1.04	1.03	1.01	0.99	0.97	0.96	0.95
	0.25	1.08	1.06	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95	0.95
	0.30	1.10	1.07	1.04	1.01	0.99	0.96	0.95	0.95
4,00	0.10	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
	0.15	1.03	1.02	1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.95
	0.20	1.04	1.02	1.00	0.98	0.96	0.95	0.95	0.95
	0.25	1.05	1.03	1.00	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.30	1.06	1.03	1.00	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95
4,50	0.10	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95
	0.15	1.02	1.00	0.98	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.20	1.02	1.00	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.25	1.03	1.00	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.30	1.03	1.00	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
5,00	0.10	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.15	1.00	0.98	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.20	1.00	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.25	1.00	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.30	1.00	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
5,50	0.10	0.99	0.98	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.15	0.99	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.20	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.25	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.30	0.97	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95
6,00	0.10	0.98	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.15	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.20	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.25	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.30	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95

TABELUL A 14.8

R	p	Coeficienți “r ₂ ” pentru pereți exteriori							
		$\bar{U}$							
		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
0.40	0.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97
	0.10	1.09	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94
	0.15	1.14	1.10	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.92
	0.20	1.19	1.14	1.09	1.04	1.00	0.96	0.93	0.89
	0.25	1.25	1.18	1.11	1.05	1.00	0.95	0.91	0.87
0.60	0.05	1.04	1.02	1.01	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93
	0.10	1.08	1.04	1.01	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88
	0.15	1.12	1.06	1.02	0.97	0.93	0.89	0.86	0.83
	0.20	1.16	1.09	1.02	0.96	0.91	0.86	0.82	0.78
	0.25	1.21	1.11	1.03	0.95	0.89	0.83	0.78	0.74
0.80	0.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90
	0.10	1.06	1.02	0.98	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82
	0.15	1.10	1.03	0.97	0.92	0.87	0.83	0.79	0.75
	0.20	1.14	1.04	0.96	0.89	0.83	0.78	0.74	0.69
	0.25	1.18	1.05	0.95	0.87	0.80	0.74	0.69	0.65
1.00	0.05	1.03	1.00	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87
	0.10	1.05	1.00	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77
	0.15	1.08	1.00	0.93	0.87	0.82	0.77	0.73	0.69
	0.20	1.11	1.00	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.63
	0.25	1.14	1.00	0.89	0.80	0.73	0.67	0.62	0.57
1.20	0.05	1.02	0.99	0.96	0.93	0.91	0.88	0.86	0.84
	0.10	1.04	0.98	0.93	0.88	0.83	0.79	0.76	0.72
	0.15	1.06	0.97	0.89	0.83	0.77	0.72	0.68	0.64
	0.20	1.09	0.96	0.86	0.78	0.71	0.66	0.61	0.57
	0.25	1.11	0.95	0.83	0.74	0.67	0.61	0.56	0.51
1.40	0.05	1.02	0.98	0.95	0.92	0.89	0.86	0.84	0.81
	0.10	1.03	0.96	0.90	0.85	0.80	0.76	0.72	0.68
	0.15	1.05	0.94	0.86	0.79	0.73	0.68	0.63	0.59
	0.20	1.06	0.93	0.82	0.74	0.67	0.61	0.56	0.52
	0.25	1.08	0.91	0.78	0.69	0.62	0.56	0.51	0.47
1.60	0.05	1.01	0.97	0.93	0.90	0.87	0.84	0.81	0.79
	0.10	1.02	0.94	0.88	0.82	0.77	0.72	0.68	0.65
	0.15	1.03	0.92	0.83	0.75	0.69	0.64	0.59	0.55
	0.20	1.04	0.89	0.78	0.69	0.63	0.57	0.52	0.48
	0.25	1.05	0.87	0.74	0.65	0.57	0.51	0.47	0.43
1.8	0.05	1.01	0.96	0.92	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76
	0.10	1.01	0.93	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.62
	0.15	1.02	0.89	0.80	0.72	0.66	0.60	0.56	0.52
	0.20	1.02	0.86	0.75	0.66	0.59	0.53	0.49	0.45
	0.25	1.03	0.83	0.70	0.61	0.53	0.48	0.43	0.39

METODOLOGIE DE CALCUL AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR

PARTEA a II-a – PERFORMANȚA ENERGETICĂ A INSTALAȚIILOR DIN CLĂDIRI

Indicativ Mc 001 / 2 – 2006

**II.1 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE ȘI AL EFICIENȚEI
ENERGETICE A INSTALAȚIILOR DE ÎNCĂLZIRE**

**II.2 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE SI AL EFICIENȚEI
ENERGETICE A INSTALAȚIILOR DE VENTILARE SI CLIMATIZARE**

**II.3 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE ȘI AL EFICIENȚEI
ENERGETICE A INSTALAȚIILOR DE APĂ CALDĂ DE CONSUM**

**II.4 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE ȘI AL EFICIENȚEI
ENERGETICE A INSTALAȚIILOR DE ILUMINAT**

**II.5 METODE ALTERNATIVE DE CALCUL PRIVIND
PERFORMANȚA ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR**

II.1 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE ȘI A EFICIENȚEI ENERGETICE A INSTALAȚIILOR DE ÎNCĂLZIRE

CUPRINS

- 1.1.Introducere
- 1.2 Normative și standarde conexe
- 1.3. Simboluri și definiții
- 1.4. Principiul metodei de calcul
- 1.5. Calculul necesarului de energie pentru încălzirea clădirilor
- 1.6 Calculul pierderilor de căldură ale instalației de încălzire
- 1.7. Calculul pierderilor de căldură la nivelul subsistemului de distribuție, Q_d
- 1.8. Calculul pierderilor de caldura si performanta cazanelor
- 1.9.Necesarul de energie electrica pentru distributia agentului termic de incalzire si energia auxiliara recuperata
- 1.10. Calculul energiei primare si a emisiilor de CO_2

Anexe

- Anexa II.1.A – Clasificarea instalațiilor de încălzire
- Anexa II.1.B – Eficiența emisiei de căldură
- Anexa II.1.C – Factori de performanță energetică
- Anexa II.1.D – Pierderi de căldură ale sistemului de distribuție
- Anexa II.1.E – Factori de corecție pentru sarcina hidrodinamică
- Anexa II.1.F – Consumul anual de energie electrică auxiliară
- Anexa II.1.G – Exemplu de calcul pentru un subsistem

1.1 Obiective și domenii de aplicare

Metodologia de calcul prezentată în această normă are la bază pachetul de standarde europene privind performanța energetică a clădirilor elaborat ca suport pentru aplicarea Directivei EC 91/2002 și răspunde cerințelor din Legea 372/15.12.2005.

Această normă descrie structura metodei de calcul a consumului de energie termică pentru încălzirea unei clădire și a eficienței energetice a sistemului de încălzire până la branșamentul clădirii. Se va lua în calcul performanța energetică a sursei de căldură numai în cazul clădirilor cu sursă termică individuală. Aplicarea metodei de calcul depinde de tipul instalațiilor de încălzire. O clasificare a instalațiilor de încălzire este prezentată în anexa II.1.A.

Metoda de calcul poate fi utilizată pentru următoarele aplicații:

- evaluarea conformității cu normele care prevăd limite de consum energetic;
- optimizarea performanței energetice a unei clădiri în proiectare prin aplicarea metodei pentru mai multe variante posibile de realizare;
- stabilirea unui nivel convențional de performanță energetică pentru clădirile existente;
- certificarea energetică a clădirilor;
- evaluarea efectului asupra unei clădiri existente al măsurilor posibile de conservare a energiei, prin calcularea necesarului energetic cu sau fără implementarea măsurilor de reabilitare;
- predicția resurselor energetice necesare în viitor la scară națională sau internațională prin calcularea necesarului energetic al unor clădiri reprezentative pentru întregul segment de clădiri.

1. 2. Normative și standarde conexe

Prezenta normă cuprinde prin referințe datate sau nedatate prevederi din alte publicații citate în text și enumerate mai jos. Pentru referințele datate, modificările sau revizuirile ulterioare ale acestora nu se aplică acestei norme decât dacă sunt incluse prin modificare sau revizuire. Pentru referințele nedatate se aplică ultima ediție a publicației la care se face referință.

SR EN ISO 13790 – Performanța termică a clădirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzire

SR 4839 - Instalații de încălzire. Număr anual de grade-zile

Metodologie de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I.

1. 3. Simboluri și definiții

1.3.1. Definiții

Pentru utilizarea acestei norme sunt valabile definițiile cuprinse în SR EN ISO 7345 precum și următoarele definiții.

1.3.1.1. Perioada de calcul

Perioada de timp considerată la calcularea pierderilor de căldură și aporturilor (lună, zi , perioada, etc.).

1.3.1.2. Spațiu încălzit

Cameră/încăpere încălzită având temperatura interioară constantă, prestabilă (set-point).

1.3.1.3. Zonă termică

Acea parte a spațiului încălzit/clădirii care are următoarele caracteristici:

- aceeași temperatură interioară de referință (set-point);
- variație spațială neglijabilă a temperaturii interioare.

1.3.1.4. Necesarul de căldură pentru încălzirea clădirii

Căldura care trebuie furnizată spațiului încălzit pentru a menține temperatura interioară la o valoare constantă prestabilă (set-point, referință).

1.3.1.5. Consumul de energie pentru încălzire

Energia livrată sistemului de încălzire pentru a satisface necesarul de căldură pentru încălzirea clădirii.

1.3.1.6. Eficiența energetică a rețelei de distribuție

Raportul dintre energia consumată pentru încălzire și/sau pentru furnizarea a.c.c. utilizând un sistem adiabatic de distribuție și energia consumată în același scop utilizând o rețea reală de distribuție.

1.3.1.7. Eficiența energetică a consumatorului

Raportul dintre energia consumată pentru încălzirea unui spațiu cu un sistem ideal de emisie a căldurii care conduce la o distribuție uniformă a temperaturii interioare și energia consumată în același scop utilizând un consumator real cu un sistem real de reglare, care conduce la o distribuție neuniformă a temperaturii interioare.

1.3.1.8. Eficiența energetică a instalației de încălzire

Raportul dintre necesarul de căldură pentru încălzirea clădirii și consumul de energie pentru încălzire.

1.3.1.9. Pierderi de căldură ale clădirii

Suma dintre pierderile de căldură prin transmisie și ventilare.

1.3.1.10. Pierderi de căldură ale rețelei de distribuție

Pierderile de căldură ale sistemului de distribuție spre spații încălzite sau neîncălzite. Aceste pierderi includ pierderile recuperabile de căldură.

1.3.1.11. Pierderi de căldură ale sistemului de emisie

Pierderile de căldură la nivelul corpurilor de încălzire cauzate de distribuția neuniformă a temperaturii interioare și de sistemul real de reglare.

3.1.12. Pierderi de căldură ale sursei de căldură

Pierderile de căldură ale generatorului de căldură care apar atât în timpul funcționării cât și pe durata nefuncționării precum și pierderile de căldură generate de reglarea reală a funcționării sursei ; aceste pierderi conțin pierderi recuperabile de căldură.

1.3.1.13. Pierderile totale de căldură ale sistemului de încălzire

Suma pierderilor de căldură ale emisiei, rețelei de distribuție și sursei. Aceste pierderi conțin și pierderile recuperabile de căldură.

1.3.1.14. Coeficientul de (funcționare în) sarcină redusă

Raportul dintre căldura furnizată pe durata perioadei de calcul și valoarea maximă a căldurii pe care ar putea să o furnizeze sursa în aceeași perioadă.

3.1.15. Energia primară

Energia care nu a constituit încă subiectul vreunui proces de conversie sau transformare (exemplu: energia conținută în petrolul existent dar neexploatat încă).

1.3.1.16. Pierderi recuperabile (utilizabile) de căldură ale sistemului de încălzire

Acea parte a pierderilor de căldură ale unui sistem de încălzire și furnizare a a.c.c care se poate recupera în scopul reducerii necesarului de căldură pentru încălzire.

1.3.1.17. Pierderi recuperate (utilizate) de căldură ale sistemului de încălzire

Acea parte a pierderilor recuperabile de căldură care reduc necesarul de căldură pentru încălzire și care nu sunt luate direct în calcul prin reducerea pierderilor de căldură ale sistemului de încălzire.

1.3.1.18. Perioada de încălzire (perioada de funcționare a sistemului de încălzire)

Perioada de timp în care sistemul de încălzire furnizează energie termică pentru satisfacerea necesarului de căldură pentru încălzire și preparare a a.c.c.

1.3.2. Simboluri și unități de măsură

În acest document sunt utilizate următoarele simboluri, unități și indici:

Simboluri și unități de măsură

Simbol	Denumirea mărimii	UM
c	Căldură specifică	J/(kg·K)
e	Coeficient de performanță a sistemului (factor de extrapolare)	-
E	Energie primară	J
f	Factor de conversie	-
m	Masă	kg
$\dot{M}$	Debit masic	Kg/s
t	Timp, perioada de timp	s
T	Temperatură termodinamică	K
Q	Cantitate de căldură; energie	J
Φ	Putere termică	W
V	Volum	m ³
$\dot{V}$	Debit volumic	m ³ /s
W	Energie electrică auxiliară	J
η	Eficiență, randament	-
θ	Temperatură	°C
ρ	Densitatea apei	kg/m ³

Indici

a	aer	gs	Aporturi	r	Recuperat
c	Control	h	Căldură	s	Stocat
d	Distribuție	i	Interior	t	Total
in	Intrare în sistem	l	pierderi	out	Ieșire din sistem
em	Emisie	nr	Pierderi nerecuperate	w	A.c.c.
e	Exterior	off	Off/oprit	x	indice
f	Final	on	On/pornit	0	Moment inițial
g	Generare	p	primar		
gl	Pierderi la generare				

1. 4. Principiul metodei de calcul

1.4.1. Consumul de energie pentru încălzirea clădirilor

Pentru o perioadă determinată (an, lună, săptămână) consumul de energie pentru încălzirea clădirilor, $Q_{f,h}$, se calculează cu relația următoare:

$$Q_{f,h} = (Q_h - Q_{rhh} - Q_{rwh}) + Q_{th} \quad [J] \quad (1.1)$$

în care:

Q_h = necesarul de energie pentru încălzirea clădirii, calculat conform capitolui 1.5 , în Joule (J);

Q_{rhh} =căldura recuperată de la subsistemul de încălzire (componente termice sau electrice), în Joule (J) ; această componentă reprezintă o parte a lui Q_{th} ;

Q_{rwh} =căldura recuperată de la subsistemul de preparare a a.c.c. (componente termice sau electrice) și utilizată pentru încălzirea clădirii, în Joule (J);

Q_{th} =pierderile totale de căldură ale subsistemului de încălzire, în Joule (J) ; aceste pierderi includ componenta Q_{rhh} (figura 1.1).

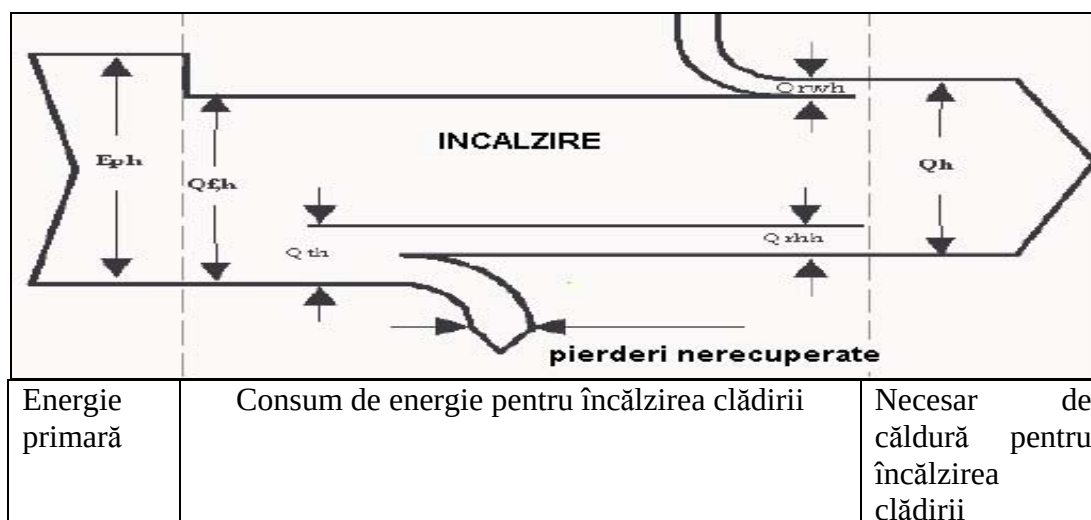


Figura 1.1-Consumul de energie pentru încălzirea clădirilor

1.4.2 Consumuri auxiliare de energie

Energia auxiliară, de obicei sub forma energiei electrice, este utilizată pentru acționarea pompelor de circulație, ventilatoarelor, vanelor și dispozitivelor automate de reglare, măsurare și control. Consumul auxiliar de energie poate fi disponibil ca valoare pentru fiecare subsistem (încălzire W_h , respectiv a.c.c. W_w) sau ca valoare globală (W). O parte din energia auxiliară poate fi recuperată sub formă de căldură, Q_{rx} .

1.4.3 Pierderi de căldură recuperabile și recuperate

În cazul unei clădiri sau a unei părți dintr-o clădire nu toate pierderile de căldură ale sistemului de încălzire obținute prin calcul sunt în mod obligatoriu pierdute. O parte din valoarea calculată este recuperabilă.

Exemplu: pierderile termice ale unei conducte sunt nerecuperabile doar dacă aceasta nu se află în interiorul clădirii. Altfel, emisia termică a conductei poate contribui la încălzirea spațiului, pierderile termice devenind recuperabile.

Valoarea pierderilor recuperate depinde de factorul de utilizare (raportul degajare/pierdere) deoarece dacă degajările termice dintr-un spațiu încălzit sunt foarte mari comparativ cu pierderile de căldură ale spațiului, atunci doar o mică parte din degajările termice vor fi recuperate.

În acesă normă se face distincție între două tipuri de pierderi de căldură recuperate :

1. - pierderi de căldură recuperate care sunt luate în mod direct în calcul prin reducerea pierderilor de căldură.

Spre exemplu, o parte substanțială a energiei auxiliare consumate de subsistemul de distribuție se transformă în căldură și se transmite direct apei calde. Această parte a pierderilor de căldură recuperate se ia ulterior în considerare la calcularea performanței energetice a subsistemului de distribuție.

2. - pierderi de căldură recuperate care sunt luate în calcul prin reducerea necesarului de căldură pentru încălzirea clădirii.

Spre exemplu, pierderile de căldură ale unui vas de stocare a a.c.c. pot contribui la încălzirea încăperii.

Această parte a pierderilor de căldură recuperate nu este luată în calcul la determinarea performanței energetice a subsistemului de preparare a a.c.c. ci este considerată prin reducerea necesarului de căldură pentru încălzire deoarece valoarea pierderilor de căldură recuperate depinde de interacțiunea dintre anvelopa clădirii și vasul de stocare.

1.4.4 Necesarul de căldură pentru încălzirea clădirilor

Necesarul de căldură pentru încălzirea unei clădiri, Q_h se calculează conform capitolului 1.5. Documentul recomandat pentru calculul necesarului de căldură al clădirilor este SR EN ISO 13790. Metoda prezentată în acest standard nu ia în considerare pierderile sistemelor de încălzire cauzate de neuniformitatea distribuției temperaturii interioare, de ineficiența sistemelor de reglare, de pierderile recuperabile și de energia auxiliară care vor fi calculate separat la nivelul subsistemelor de emisie a căldurii și de distribuție.

Efectele încălzirii intermitente a unei clădiri utilizând un dispozitiv ideal de programare pot fi calculate cu o metodă detaliată în SR EN ISO 13790 și sunt luate în considerare la determinarea necesarului de căldură, Q_h .

1.4.5 Pierderile de căldură ale instalației de încălzire, Q_{th}

Pentru calcularea acestor pierderi de căldură sunt considerate următoarele subsisteme ale sistemului de încălzire:

- sistemul de transmisie a căldurii la consumator, inclusiv dispozitivele de reglare și control;
- sistemul de distribuție a căldurii către consumator, inclusiv dispozitivele de reglare și control;
- sistemul de stocare, inclusiv dispozitivele de reglare și control(acolo unde este cazul);
- sistemul de generare a căldurii (pentru clădiri dotate cu surse termice individuale) inclusiv dispozitivele de reglare și control.

1.4.6 Perioade de calcul

Scopul metodei de calcul este determinarea necesarului de energie pentru încălzirea clădirii, a consumului final și a consumului primar de energie pe durata unui an, în cazul sistemului de încălzire. Acest obiectiv poate fi realizat în două moduri:

- utilizând datele înregistrate pe toată durata anului și valori medii;
- prin divizarea anului într-un număr de perioade de calcul (luni, săptămâni) efectuînd calculele pentru fiecare subperioadă și însumând apoi energia consumată în fiecare subperioadă.

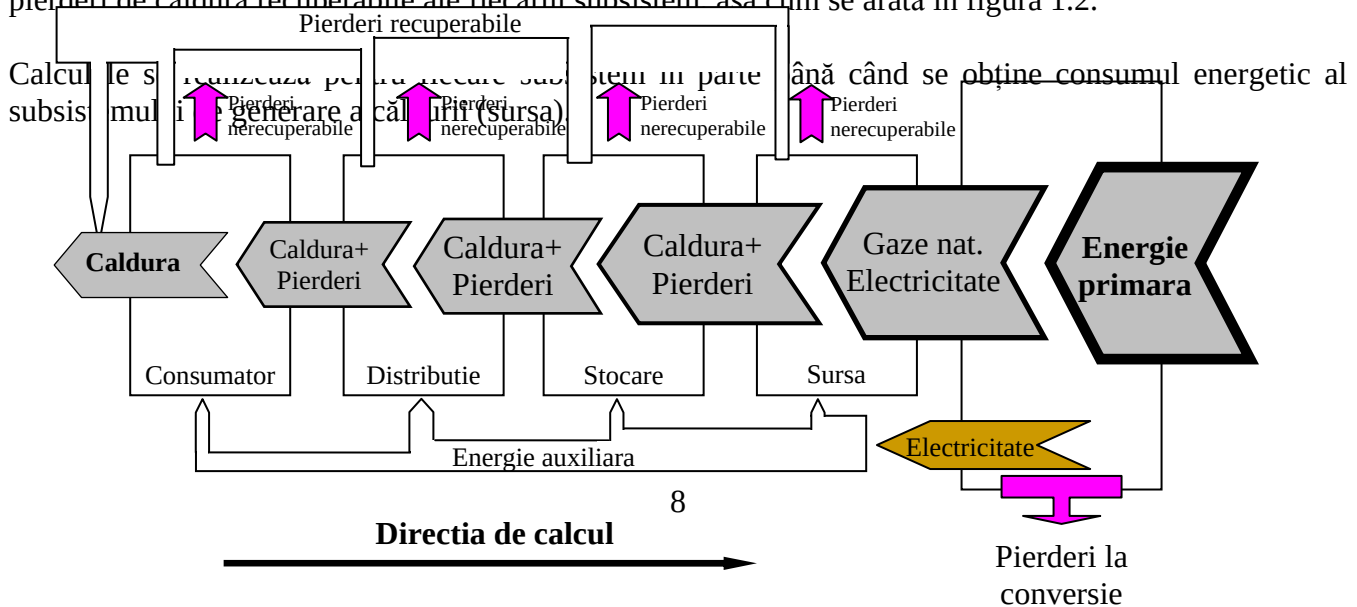
1.4.7. Pierderile de căldură ale instalației de încălzire a clădirii

Sensul de calcul al pierderilor de căldură este opus sensului de consum al energiei (sens energetic). Calculul începe cu determinarea necesarului de energie și se termină cu calculul energiei primare consumate. Necesarul de energie este dat de suma dintre energia termică transmisă clădirii de corpurile de încălzire (sistemul de emisie termică) și pierderile de căldură recuperate.

Pentru fiecare subsistem se calculează pierderile de căldură $Q_{h,x}$ care se adaugă energiei termice transferate, determinându-se astfel energia consumată.

Pierderile de căldură ale unui subsistem includ pierderile recuperabile dar nu și energia auxiliară consumată. Dacă există, necesarul de energie electrică, W_x , se calculează separat. Se ține cont și de faptul că pierderile de energie electrică se adaugă pierderilor de energie ale subsistemelor sistemului de încălzire.

Pentru fiecare subsistem al sistemului de încălzire, o parte a pierderilor de căldură și o parte a pierderilor de energie auxiliară sunt recuperabile (și utilizate la încălzirea clădirii), formând împreună pierderi de căldură recuperabile ale fiecărui subsistem așa cum se arată în figura 1.2.



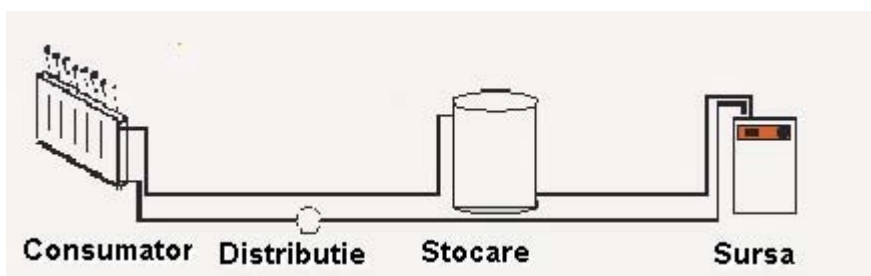


Figura 1.2. Direcția de calcul și structura sistemului de alimentare cu căldură

Calcululele se realizează pentru fiecare subsistem în parte până când se obține consumul energetic al subsistemului de generare a căldurii (sursa).

Pierderile recuperate de căldură ale diferitelor subsisteme sunt calculate și scăzute din necesarul de căldură prin micșorarea pierderilor totale de căldură ale subsistemului în cauză. Această abordare nu este din punct de vedere fizic corectă deoarece pierderile de căldură recuperate ar trebui scăzute direct din consumul energetic al fiecărui subsistem. Totuși, metodologia prezentată permite o simplificare semnificativă prin care se evită calcularea iterativă a pierderilor de căldură recuperate. Astfel, se calculează doar o singură dată aceste pierderi de căldură recuperate și se scad din valoarea finală a pierderilor totale de căldură.

Orice metodă de calcul pentru un anumit subsistem de instalații trebuie să furnizeze următoarele mărimi:

- consumul de energie termică $Q_{in,x}$ sau a pierderilor de căldură;
- consumul de energie electrică, W_x ;
- pierderile de căldură recuperabile, $Q_{r,x}$

prin utilizarea următoarelor date privind subsistemul:

- căldura care trebuie furnizată (necesarul energetic pentru încălzire), $Q_{out,x}$;
- indicatori de performanță energetică.

Acești parametrii utilizați de metodologia de calcul, valorile tabelare și o metodă mai detaliată de calcul vor fi descrise în secțiuni separate ale acestei norme relativ la fiecare subsistem (consumator-emisie, distribuție, stocare și generare-sursă) sau tip de tehnologie.

1.4.8. Zonarea sistemului de încălzire

Structura unui sistem de încălzire poate fi complexă, incluzând:

- mai multe tipuri de corpuri de încălzire montate în mai multe zone ale clădirii;
- o singură sursă de căldură utilizată atât pentru diferite sisteme de încălzire cât și pentru prepararea a.c.c.;
- mai multe surse de căldură;
- mai multe sisteme de stocare a energiei(dacă este cazul);
- diferite tipuri de energie utilizate în clădire.

Utilizarea valorilor medii globale poate fi nepractică, necesitând ponderi adecvate, poate fi imposibilă sau poate conduce la erori de calcul mult prea mari. Aceste dificultăți pot fi soluționate urmărind structura sistemului de furnizare a căldurii.

Exemplul 1: Consumul de energie și pierderile de căldură la consumator aferente diferitelor zone ale sistemului de căldură se pot calcula separat; ulterior se însumează valorile aferente fiecărei zone și se continuă cu calculele pentru subsistemul comun de distribuție a căldurii.

Exemplul 2: Consumul de energie al diferitelor subsisteme de distribuție/stocare a căldurii pentru încălzire, respectiv pentru prepararea a.c.c. se pot calcula separat iar după însumare se continuă cu calculele pentru subsistemul comun de generare a căldurii.

Exemplul 3: Consumul de energie al unui subsistem de distribuție se poate calcula și repartiza mai multor subsisteme de generare (surse de energie termică).

Acest tip de “modularitate” este întotdeauna posibil dacă principiul aditivității pierderilor de căldură este respectat.

1.4.9. Metode simplificate și detaliate pentru calculul pierderilor totale de căldură

Pentru determinarea pierderilor totale de căldură se pot aplica subsistemelor metode simplificate sau detaliate de calcul, în funcție de cunoștințele tehnice actuale sau standardele disponibile și de gradul de precizie solicitat.

Nivelul de detaliere a metodologiei de calcul se poate clasifica după cum urmează.

Nivelul A: Pierderile de căldură sau coeficienții de performanță sunt furnizați într-un tabel pentru întregul sistem de încălzire. Selectarea valorilor potrivite se face în concordanță cu tipul întregului sistem de instalații termice.

Nivelul B: Pentru fiecare subsistem, pierderile de căldură, consumurile de energie electrică sau coeficienții de performanță sunt tabelate. Selectarea valorilor potrivite se face în concordanță cu tipul subsistemului.

Nivelul C: Pentru fiecare subsistem, pierderile de căldură, consumurile de energie electrică sau coeficienții de performanță sunt calculați. Calculele sunt realizate pe baza dimensiunilor sistemului, sarcinilor termice și altor date considerate constante (sau mediate) pe durata de calcul. Metoda de calcul ține cont de fenomenul fizic (detaliat sau simplificat) sau corelații.

Nivelul D: Pierderile și coeficienții de performanță sunt calculați în urma simulărilor dinamice, luând în considerare variația în timp a valorilor variabilelor (temperatura exterioară, temperatura apei etc.).

1.5. Calculul necesarului de căldură pentru încălzirea clădirilor

1.5.1 Principiul metodei de calcul și datele necesare

Metoda de calcul pentru stabilirea necesarului de căldură anual al unei clădiri are la bază întocmirea unui bilanț termic așa cum indică figura 1.3.

Bilanțul energetic include următorii termeni (se ia în considerare numai căldura sensibilă):

- pierderile de căldură prin transmisie și ventilare de la spațiul încălzit către mediul exterior ;
- pierderile de căldură prin transmisie și ventilare între zonele învecinate;
- degajările interne utile de căldură;
- aporturile solare;
- pierderile de căldură aferente producerii, distribuției, cedării de căldură și aferente reglajului instalației de încălzire;
- energia introdusă în instalația de încălzire.

În funcție de structura instalației de încălzire, în bilanț se va introduce aportul surselor alternative și va fi inclusă energia recuperată din diverse surse.

NOTA – ținând seama de faptul că aporturile de căldură pot conduce la creșterea temperaturii interioare peste valoarea conventională de calcul, pierderile termice suplimentare corespunzătoare se iau în considerare prin intermediul unui factor de utilizare care reduce aporturile de căldură.

Termenii principali ai bilanțului energetic sunt prezentați schematic în figura 1.3.

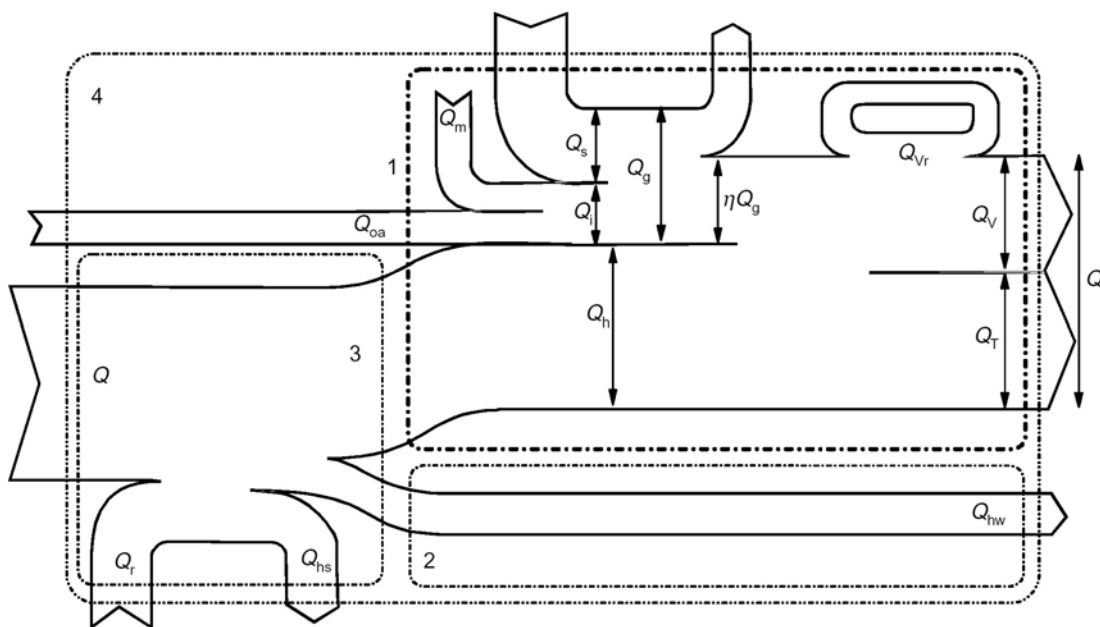


Figura 1.3 – Bilanțul energetic privind încălzirea unei clădiri

Legenda

Q - necesar de energie pentru încălzire și preparare apă caldă de consum

Q_h - necesar de energie pentru încălzire

Q_{oa} - degajări de căldură de la alte aparate

Q_V - pierderi termice prin ventilare

Q_r - energie recuperată

Q_{Vr} - căldură recuperată din ventilare

Q_{hs} - pierderi din instalația de încălzire

Q_T - pierderi termice prin transmisie

Q_m - căldura metabolică

Q_{hw} - căldura pentru preparare apă caldă

Q_s - aporturi solare pasive

Q_L - pierderi termice totale

Q_i - degajări de căldură interne

1 - conturul zonei încălzite

Q_g - aporturi totale

2 - conturul instalației de apă caldă

ηQ_g - aporturi utile

3 - conturul centralei termice

4 - conturul clădirii

5.2 Procedura de calcul

Procedura de calcul este sintetizată în cele ce urmează.

- 1) se definesc limitele spațiului încălzit și, dacă este cazul, ale zonelor diferite și ale spațiilor neîncalzite;
- 2) în cazul încălzirii sau ventilării cu intermitență, se definesc, pentru perioada de calcul, perioadele care sunt caracterizate de program de încălzire sau ventilare diferit (de exemplu zi, noapte, sfârșit de săptămână);
- 3) în cazul calculului pentru o singură zonă: se calculează coeficientul de pierderi al spațiului încălzit; pentru calcul multi-zonal documentul recomandat este SR EN ISO 13790 anexa B;
- 4) pentru calculele pe sezonul de încălzire se definește sau se calculează durata și datele climatice ale sezonului de încălzire;

Apoi, pentru fiecare perioadă de calcul (lună sau sezon de încălzire):

- 5) se calculează temperatura interioară pentru fiecare perioadă;
- 6) se calculează pierderile de căldură totale, Q_L ;
- 7) se calculează degajările interne de căldură, Q_i ;
- 8) se calculează aporturile solare, Q_s ;
- 9) se calculează factorul de utilizare al aporturilor de căldură, η ;
- 10) se calculează necesarul de căldură, Q_h , pentru toate perioadele de calcul;
- 11) se calculează necesarul anual de căldură, Q_h ;
- 12) se calculează necesarul de energie pentru încălzire, Q_{th} , ținând seama de pierderile sau de randamentul instalației de încălzire.

1.5.3 Definirea conturului și a zonelor de calcul

5.3.1 Contur al spatiului încălzit

Conturul spatiului încălzit consta în toate elementele de constructie care separa spatiul încălzit considerat de mediul exterior sau de zone încălzite sau spatii neîncalzite adiacente, definite conform “Metodologie de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I”

1.5.3.2 Zone termice

1.5.3.2.1 Calcul pentru o singura zona

În cazul în care întreg spatiul încălzit este încălzit la aceeași temperatură, iar degajările interne și aporturile solare sunt relativ reduse sau repartizate în mod uniform în clădire, se aplica modul de calcul mono-zonal.

Împartirea în mai multe zone nu este necesară, dacă:

- a) diferența între temperaturile interioare conventionale de calcul ale zonelor este mai mică de 4K, și raporturile aporturi / pierderi diferă cu mai puțin de 0,4 (de exemplu între zonele cu expunere spre sud și zonele cu expunere spre nord), sau
- b) este probabil ca ușile între zone să fie deschise

În astfel de cazuri, chiar dacă temperatura interioară conventională nu este uniformă, se aplica modul de calcul mono-zonal. În acest caz, temperatura interioară utilizată este:

$$\theta_i = \frac{\sum_s A_{fi,s} \cdot \theta_{i,s}}{\sum_s A_{fi,s}} \quad (1.2)$$

în care

$\theta_{i,s}$ este temperatura interioară conventională a zonei s ;

$A_{fi,s}$ este suprafața încălzită a zonei s ;

1.5.3.2.2 Calcul multi-zonal

În alte cazuri, cu diferențe semnificative între temperaturi interioare conventionale sau aporturi de căldură, clădirea se împarte în mai multe zone.

În acest caz, fiecare zonă poate fi calculată independent utilizând procedura pentru o singură zonă și considerând un contur adiabatic între zone. Necesarul de energie al clădirii este suma valorilor necesarului de căldură calculate pentru fiecare zonă în parte.

1.5.4 Date de calcul

1.5.4.1 Originea și tipul datelor de calcul

Informațiile necesare pentru efectuarea calculelor pot fi obținute din standarde naționale sau din alte documente corespunzătoare și acestea trebuie utilizate în cazul în care sunt disponibile. Atunci când nu există date disponibile se poate face apel la standardele europene în măsura în care valorile pot fi asimilate.

Pentru estimarea necesarului de energie sau aprecierea conformității cu reglementări sau specificații, se utilizează valori convenționale, în scopul obținerii unor rezultate comparabile pentru diferite clădiri.

Pentru optimizarea unei clădiri care se proiectează sau pentru reabilitarea unei clădiri existente, se utilizează valorile indicate de norme în acest sens.

Dimensiunile de calcul ale elementelor de construcție trebuie să fie aceleași pe tot parcursul calculului.

Se pot utiliza dimensiunile interioare, exterioare sau interax, dar este obligatoriu să se păstreze același tip de dimensiuni pe parcursul întregului calcul și să fie clar indicate în raport.

NOTA 1 - Unii coeficienți liniari de transfer de căldură ai punctelor termice depind de tipul de dimensiuni folosit.

Datele de calcul necesare pentru un calcul mono-zonal sunt enumerate mai jos. Unele dintre aceste date pot fi diferite pentru fiecare perioadă de calcul (de exemplu factorii de umbră, rata ventilării în lunile reci) și pentru fiecare interval al unui program de funcționare cu intermitență (de exemplu debitul de ventilație, coeficientul de transmisie termică al ferestrelor datorită închiderii obloanelor în timpul nopții).

♦ **Datele de calcul pentru necesarul de căldură pentru încălzire sunt următoarele:**

- H_T coeficientul de pierderi termice prin transmisie, calculat conform Metodologie de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I.
- V_a debitul de aer vehiculat prin clădire, inclusiv aerul pătruns dinspre spațiile neîncălzite;

♦ **Date de calcul pentru aporturile de căldură**

- Q_i degajări de căldură interne medii pe perioada de calcul;
- Q_s aporturi solare medii pe perioada de calcul.

Pentru pereți exteriori vitrați, se culeg separat următoarele date pentru fiecare orientare (de exemplu: orizontal și vertical sud și nord);

- A_j aria golului din anvelopa clădirii pentru fiecare fereastră sau ușă;
- F_{Fj} factor de reducere pentru ramă, adică fracțiunea transparentă a ariei A_j , neocupată de o ramă;
- F_{sj} factor de umbră, adică fracțiunea umbră medie a ariei A_j ;
- g transmitanța totală la radiația solară.

NOTA – În clădiri cu altă destinație decât de locuit degajările interne variază substanțial între perioade de ocupare, respectiv de neocupare. Degajările pot fi determinate într-o primă etapă pentru fiecare perioadă de ocupare și apoi mediate ținând seama de durata fiecărei perioade. Calculul pentru o săptămână este deseori mai ușor.

Se culeg date suplimentare pentru elemente de construcție receptoare a radiației solare, cum ar fi izolație transparentă, pereți solari ventilați și spații solare, precum și pentru calculul efectului încălzirii cu intermitență. Pentru aceste valori documentul recomandat este SR EN ISO 13790 anexe E și F. Anexa H indică o serie de informații pentru datele utile determinării aporturilor solare.

♦ Caracteristici dinamice

- C capacitatea termica a spatiului încălzit, sau τ constanta de timp a spatiului încălzit;

1.5.4.2 Date de calcul pentru consumul de energie

Q_{hs} pierderi de căldură ale instalatiei de încălzire.

1.5.4.3 Date climatice

Metoda de calcul necesita urmatoarele date:

- θ_e media lunara sau pe sezonul de încălzire, a temperaturii exterioare;
- I_s radiatia solara totala lunara sau pe perioada de încălzire pe unitatea de suprafata pentru fiecare orientare j , în J/m^2 .

1.5.5 Încalzire cu intermitență

1.5.5.1 Program de funcționare cu intermitență

În cazul în care se aplica încălzirea cu intermitenta, perioadele (perioada) de calcul se împart(e) în intervale de încălzire normala alternând cu intervale de încălzire redusa (de exemplu nopti, sfârșituri de saptamâna si vacante).

Toate intervalele de încălzire normala au aceeasi temperatura interioara conventionala de calcul.

Pot fi mai multe tipuri de perioade de încălzire redusa cu programe de functionare diferite.

În cadrul fiecărei perioade de calcul, fiecare perioada de încălzire redusa este caracterizata prin:

1. durata ei;
2. numarul de aparitii ale acestui tip de perioada într-o perioada de calcul;
3. modul respectiv de functionare cu intermitenta ;
4. unde este cazul, temperatura interioara conventionala sau puterea termica redusa;
5. modul de restabilire a încălzirii si puterea termica maxima în perioada de restabilire a încălzirii.

În figura 1.4 este prezentat un exemplu în care perioada de calcul include patru tipuri A de perioade de încălzire redusa si un tip B de perioada de încălzire redusa (sfârșit de saptamâna).

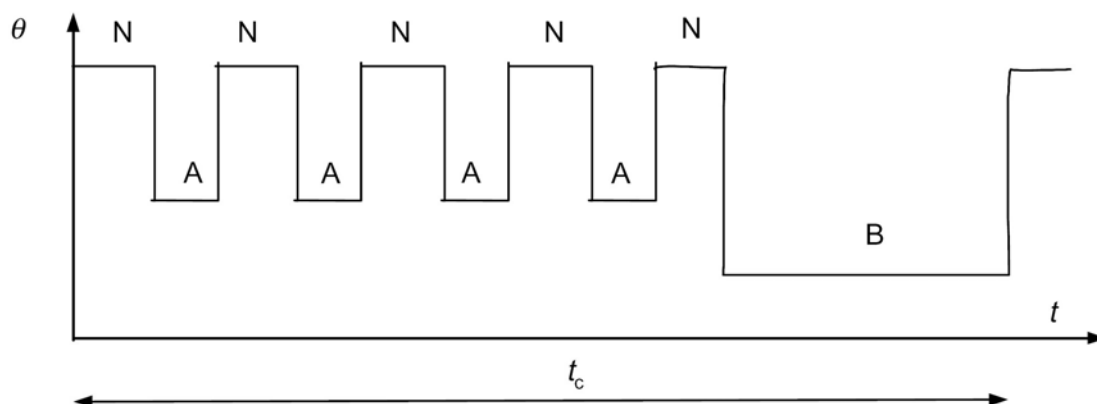


Figura II.1.4 – Exemplu de program de functionare cu intermitenta

Legenda

θ temperatura interioară convențională

t timp

t_c perioadă de calcul

N perioadă de încălzire normala

A perioada de încălzire redusa tip A

B perioada de încălzire redusa tip B

Împartirea în perioade distincte nu este necesara în următoarele cazuri:

a) variatia temperaturii interioare conventionale între perioade de încălzire normala si perioade de incalzire redusa sunt mai mici decât 3 K; în acest caz se poate utiliza media în timp a temperaturilor interioare conventionale;

b) constanta de timp a cladirii este mai mare de trei ori durata celei mai lungi perioade de încălzire redusa; în acest caz se poate utiliza temperatura interioara conventionala pentru functionare normala pentru toate perioadele;

c) constanta de timp a cladirii este mai mica decât 0,2 ori durata celei mai scurte perioade de încălzire redusa; în acest caz se poate utiliza media în timp a temperaturilor interioare conventionale.

Se considera ca instalatia de încălzire are puterea termica suficient de mare pentru a permite încălzirea cu intermitenta.

NOTA 1 – În cladiri de locuit variatia temperaturilor interioare conventionale si debitele de ventilare sunt adesea legate de ocupare. Împartirea în perioade diferite usureaza evaluarea debitului mediu de aer pe fiecare dintre acestea.

NOTA 2 – Având în vedere faptul ca programele de încălzire se definesc în mod uzual pe durata unei saptamâni, definirea acestora este mai usoara în cazul în care calculele se efectueaza pentru o saptamâna din luna.

1.5.5.2 Temperatura interioară corectată

Temperatura interioara corectata reprezinta temperatura interioara constanta care conduce la aceleasi pierderi termice ca si în cazul încălzirii cu intermitenta pe perioada considerata.

Pentru calculul temperaturii interioare corectate din fiecare perioada de încălzire redusa se poate aplica procedura definita de standardul SR EN ISO 13790 anexa C pentru reduceri saptamânale si anexa D pentru vacante.

La nivel national pot fi furnizate valori ale temperaturii interioare corectate în functie de tipul cladirii, utilizarea cladirii, instalatia de încălzire etc.

1.5.6 Pierderi de căldură ale clădirii (calcul pentru o singură zonă)

1.5.6.1 Încălzire fără intermitență (Încălzire continuă)

Pierderile de căldură, Q_L , ale unei clădiri mono-zonă, încălzită la o temperatură interioară uniformă, pentru o perioadă de calcul dată, sunt :

$$Q_L = H(\theta_i - \theta_e) * t \quad [J] \quad (1.3)$$

în care

θ_i este temperatura interioară de calcul, conform ecuației 1.2;

θ_e este temperatura exterioară medie pe perioada de calcul;

t este durata perioadei de calcul;

H este coeficientul de pierderi termice al clădirii, calculat conform 1.5.6.3.

Această relație de calcul se aplică clădirilor cu regim continuu de încălzire cum ar fi clădiri de locuit, spitale, grădinite cu program continuu, etc.

Relația (1.3) poate fi adaptată pentru a permite utilizarea gradelor-zile, conform SR 4839. Rezultatul relației adaptate trebuie să fie același cu cel al ecuației (1.3) pentru orice clădire.

1.5.6.2 Încălzire cu intermitență

În cazul în care se aplică împărțirea în perioade de încălzire diferite, pierderile termice totale, Q_L , ale unei clădiri mono-zonă încălzită la o temperatură uniformă și pentru o perioadă de calcul dată, se calculează cu relația (1.4):

$$Q_L = \sum_{j=1}^N N_j H_j (\theta_{iad,j} - \theta_e) * t_j \quad [J] \quad (1.4)$$

în care

N numărul de tipuri de perioade de încălzire (de exemplu 3: pentru normal, noapte și sfârșit de săptămână);

N_j este numărul de perioade de încălzire de fiecare tip pe durata perioadei de calcul;

$\theta_{iad,j}$ este temperatura interioară corectată a perioadei de încălzire j ;

t_j este durata perioadei de încălzire j ;

H_j este coeficientul de pierderi termice al clădirii în perioada j ;

NOTA – $\sum_{j=1}^N N_j t_j$ este egal cu durata perioadei de calcul.

În scopul simplificării notațiilor indicele j este omis în cele ce urmează. Cu toate acestea, atunci când se aplică împărțirea în perioade de încălzire calculul se efectuează pentru fiecare perioadă de încălzire.

1.5.6.3 Coeficientul de pierderi de căldură

Coeficientul de pierderi de căldură al unei clădiri mono-zonă, încălzită la o temperatură interioară uniformă, pentru o perioadă sau sub-perioadă de calcul dată, se definește cu relația (1.5):

$$H = H_T + H_V \quad [W/K] \quad (1.5)$$

în care

H_T - este coeficientul de pierderi termice prin transmisie, calculat conform Metodologie Partea I.. Pentru elementele anvelopei care includ sisteme de ventilare, se poate consulta SR EN ISO 13790 anexa E;

Coeficientul de pierderi termice prin ventilare, H_V se calculeaza astfel:

$$H_V = \rho_a * c_a * V_a \quad [\text{W/K}] \quad (1.6)$$

în care:

V_a este debitul de aer vehiculat prin spatiile incalzite rezultate din ventilarea mecanica si naturala
 c_a este capacitatea termica volumica a aerului.

NOTA 1 – Daca debitul de aer, V_a , este dat în m³/s, $\rho_a * c_a = 1200 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$.

Daca V_a este dat în m³/h, $\rho_a * c_a = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$.

In calcule se utilizeaza media debitului de aer pentru fiecare perioada de încălzire.

Pentru cladiri de locuit, debitul de aer se stabilește din informatii la nivel national pe baza tipului cladirii, utilizarii cladirii, climat, expunere etc. Numarul de schimburi minim acceptabil pentru clădiri de locuit trebuie să asigure cerințele igienico-sanitare și este indicat în Metodologie Partea I.

Pentru cladiri cu alta destinatie, debitul de aer, V_a , se stabilește conform unui standard adecvat pe baza tipului cladirii, utilizarii cladirii, climat, expunere etc. O valoare orientativă poate fi considerată $V_{amin} = 15 \text{ m}^3/\text{hpers.}$ în perioada de ocupare.

NOTA 2 – Dacă nu se precizează altfel, pentru stabilirea V_a se poate utiliza metoda din SR EN ISO 13790 anexa G.

1.5.6.4 Cladire cu pierderi de căldură semnificative prin sol

În cazul în care pierderile de căldură prin sol reprezinta o parte importantă din pierderile termice totale, se efectuează calculul detaliat al pierderilor termice prin sol conform Metodologie partea I.

În acest caz, valoarea pierderilor de căldură totale Q_L se calculeaza in urmatoarele cazuri:

1. fara împartire în perioade de încălzire diferite:

$$Q_L = [H'(\theta_j - \theta_e) + \Phi_G] * t \quad [\text{J}] \quad (1.7)$$

2. în cazul împartirii în perioade de încălzire diferite:

$$Q_L = \sum N_j H'_j (\theta_{iad,j} - \theta_e) * t_j + \Phi_G * t \quad [\text{J}] \quad (1.8)$$

în care

H' este coeficientul de pierderi termice prin transmisie, dar fara pierderi termice prin sol;

Φ_G reprezinta fluxul termic disipat prin sol.

1.5.7 Recuperarea caldurii din ventilare, Q_{Vr}

Pentru calculul căldurii recuperate din aerul evacuat Q_{vr} , se recomandă metoda prezentată în standardul SR EN ISO 13790 anexa G, prin reducerea debitului real de aer proportional cu eficienta recuperarii căldurii.

Se tine seama de diferenta dintre debitul de introducere si de evacuare a aerului, de neetanseitati si infiltratii prin anvelopa cladirii si de recircularea aerului.

1.5.8 Elemente speciale

Pentru clădirile avînd elemente de anvelopă speciale, cum ar fi pereti solari ventilati sau alte elemente de anvelopă ventilate, sunt necesare metode de calcul speciale. Un exemplu sunt cele prezentate în standardul SR EN ISO 13790 anexa E.

1.5.9 Aporturi de căldură

Aporturile care influențează necesarul de căldură al unei clădiri se compun din degajări de căldură de la sursele interioare și din aportul radiației solare.

1.5.9.1 Degajari de căldură interne

Degajările de căldură interne, Q_i , cuprind toata cantitatea de caldura generata în spatiul încălzit de sursele interne, altele decât instalatia de încălzire, ca de exemplu :

1. degajari metabolice care provin de la ocupanti;
2. degajari de caldura de la aparate si instalația de iluminat;

Pentru calculul degajarilor de căldură se utilizează fluxurile termice medii lunare sau pe sezonul de încălzire, în funcție de perioada de calcul stabilită. În acest caz, degajările de caldura interne se calculeaza cu relatia (1.9):

$$Q_i = [\Phi_{i,h} + (1 - b) \Phi_{i,u}] * t = \Phi_i * t \quad [J] \quad (1.9)$$

unde :

$\Phi_{i,h}$ este fluxul termic mediu al degajărilor interne în spațiile încălzite;

$\Phi_{i,u}$ este fluxul termic mediu al degajărilor interne în spațiile neîncălzite;

Φ_i este fluxul termic mediu al degajărilor interne;

b este factor de diminuare

NOTA – Daca nu se specifica altfel, se pot utiliza valorile degajarilor de caldura interne indicate în SR EN ISO 13790 anexa K.

1.5.9.2 Aporturi solare

1.5.9.2.1 Ecuatia de baza

Suprafețele care se iau în considerare pentru calculul aporturilor de căldură iarna, sunt vitrajele, pereții și planșeele interioare ale serelor și verandelor, pereții situați în spatele unei plăcări transparente sau a izolației transparente Aporturile solare depind de radiația solară normală corespunzătoare localității, de

orientarea suprafețelor receptoare, de umbrirea permanentă și caracteristicile de transmisie și absorbție solară ale suprafețelor receptoare. Pentru calculul aporturilor prin suprafețele opace expuse radiației solare, se poate consulta standardul SR EN ISO 13790 anexa F.

Pentru o perioadă de calcul dată, aporturile solare prin suprafețe vitrate se calculează cu relația următoare :

$$Q_S = \sum_j [I_{sj} \sum_n A_{snj}] + (1-b) \sum_j [I_{sj} \sum_j A_{snj,u}] \quad [J] \quad (1.10)$$

unde:

- I_{sj} este radiația solară totală pe perioada de calcul pe o suprafață de 1 m² având orientarea j , în J/ m²;
 - A_{snj} este aria receptoare echivalentă a suprafeței n având orientarea j , adică aria unui corp negru care conduce la același aport solar ca suprafața considerată.

Primul termen corespunde spațiului încălzit și cel de-al doilea este pentru spațiul neîncălzit.

Aporturile solare din spațiile neîncălzite sunt înmulțite cu $(1 - b)$, unde b reprezintă factorul de diminuare. În fiecare termen, prima sumă se efectuează pentru toate orientările j , iar a doua pentru toate suprafețele n care captează radiația solară.

NOTA – I_{sj} poate fi înlocuit printr-un factor de orientare care se înmulțește cu radiația solară totală pe unitatea de suprafață pentru o orientare (de exemplu, vertical sud).

1.5.9.2.2 Aria receptoare echivalentă a elementelor vitrate

Aria receptoare echivalentă A_s a unui element de anvelopă vitrat (de exemplu o fereastră) este:

$$A_s = A F_S F_F g \quad (1.11)$$

unde :

A este aria totală a elementului vitrat n (de exemplu, aria ferestrei)(m²);

F_S este factorul de umbrire al suprafeței n ;

F_F este factorul de reducere pentru ramele vitrajelor, egal cu raportul dintre aria suprafeței transparente și aria totală a elementului vitrat;

g este transmitanța totală la energia solară a suprafeței n .

NOTA - Pentru definirea factorului de umbrire și a transmitanței la energia solară a vitrajului, se iau în considerare numai elementele de umbrire și de protecție solară permanente.

1.5.9.2.3 Transmitanța totală la energia solară a vitrajelor

În principiu, transmitanța totală la energia solară g utilizată în relația (1.12) trebuie să fie media în timp a raportului dintre energia care traversează elementul expus și energia incidentă pe acesta, în absența umbririi. Pentru ferestre sau alți pereți exteriori vitrați, ISO 9050 prezintă o metodă de determinare a transmitanței totale la energia solară pentru radiațiile perpendiculare pe vitraj.

Aceasta valoare, $g_{\perp}$, este puțin mai mare decât media în timp a transmitanței și se utilizează un factor de corecție:

$$g = F_w g_{\perp} \quad (1.12)$$

NOTA – Documentul recomandat pentru calculul valorilor $g_{\perp}$ și a unor valori tipice pentru factorii de transmisie solară este standardul SR EN ISO 13790 anexa H..

1.5.9.2.4 Factori de umbrire

Factorul de umbrire, F_s , care poate varia între 0 și 1, reprezintă reducerea radiației solare incidente cauzată de umbriri permanente ale suprafeței considerate datorită unuia din următorii factori:

1. alte clădiri;
2. elemente topografice (coline, arbori etc.);
3. proeminențe;
4. alte elemente ale aceleiași clădiri ;
5. poziția elementului vitrat față de suprafața exterioară a peretelui exterior.

Factorul de umbrire este definit astfel :

$$F_s = \frac{I_{s,ps}}{I_s} \quad (1.13)$$

unde :

$I_{s,ps}$ este radiatia solara totală primită de suprafața receptoare cu umbriri permanente pe durata sezonului de încălzire;

I_s este radiatia solară totală pe care ar primi-o suprafața receptoare în absența umbririi.

NOTA – SR EN ISO 13790 anexa H prezintă informații despre factorii de umbrire.

1.5.9.2.5 Elemente speciale

Sunt necesare metode speciale pentru calculul aporturilor solare ale unor elemente receptoare solare pasive, cum ar fi spațiile solare neventilate, elementele opace cu izolație transparentă și elementele de anvelopă ventilate. Aceste metode sunt prezentate în anexa F din standardul SR ISO 13790.

1.5.9.3 Aportul total de căldură

Aporturile totale de căldură la interiorul unei clădiri sau încăperi, Q_g , reprezintă suma dintre degajările interioare și aportul radiației solare:

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad [J] \quad (1.14)$$

1.5.10. Necesarul de căldură pentru încălzirea unei clădiri

5.10.1 Relația generală

Pierderile termice, Q_L , și aporturile de căldură, Q_g , se calculează pentru fiecare perioadă de calcul.

Necesarul de căldură pentru încălzirea spațiilor se obține pentru fiecare perioadă de calcul cu relația:

$$Q_h = Q_L - \eta Q_g \quad [J] \quad (1.15)$$

în care se impune $Q_L = 0$ și $\eta = 0$ în cazul în care temperatura exterioară medie este superioară temperaturii interioare.

Factorul de utilizare, η , este un factor de diminuare al aporturilor de căldură, prevăzut pentru a compensa pierderile termice suplimentare care apar atunci când aporturile de căldură depășesc pierderile termice calculate.

1.5.10.2 Factorul de utilizare al aporturilor de căldură, η

1.5.10.2.1 Raportul aporturi / pierderi

Pentru a calcula factorul de utilizare al aporturilor de căldură trebuie stabilit un coeficient adimensional care reprezintă raportul dintre aporturi și pierderi, γ , astfel:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L} \quad (1.16)$$

1.5.10.3 Constanta de timp a clădirii

Constanta de timp, τ , caracterizează inerția termică interioară a spațiului încălzit. Aceasta se determină cu relația următoare:

$$\tau = \frac{C}{H} \quad (1.17)$$

C este capacitatea termică interioară a clădirii;

H este coeficientul de pierderi termice al clădirii.

Nota: Dacă există valori convenționale ale constantei de timp pentru clădiri tipice acestea pot fi luate în calcul direct.

1.5.10.4 Capacitatea termică interioară a clădirii

Capacitatea termică interioară a clădirii, C , se calculează prin însumarea capacităților termice ale tuturor elementelor de construcție în contact termic direct cu aerul interior al zonei considerate:

$$C = \sum \chi_j A_j = \sum_j \sum_i \rho_{ij} c_{ij} d_{ij} A_j \quad (1.18)$$

unde:

χ_j - capacitatea termică interioară raportată la arie a elementului de construcție j ;

A_j - aria elementului j ;

ρ_{ij} - densitatea materialului stratului i din elementul j

c_{ij} - căldura specifică masică a materialului stratului i , din elementul j

d_{ij} - grosimea stratului i din elementul j

Suma se efectuează pentru toate straturile fiecărui element de construcție, pornind de la suprafața interioară până la primul strat termoizolant, grosimea maximă fiind indicată în tabelul 1.1, fie în mijlocul elementului de construcție, la distanța cea mai mică.

Tabelul 1.1 – Grosimea maximă considerată la calculul capacității termice

Aplicare	Grosime maximă cm
Determinarea factorului de utilizare	10
Efectul intermitenței	3

Capacitatea termică internă a unei clădiri poate fi calculată de asemenea ca sumă a capacităților interne ale tuturor elementelor de construcție, furnizată la nivel național, pe baza tipului construcției. Această valoare poate fi aproximată și se acceptă o incertitudine relativă de zece ori mai mare decât cea corespunzătoare pierderilor termice.

1.5.10.5 Calculul factorului de utilizare

Factorul de utilizare al aporturilor de căldură se calculează astfel:

$$\text{daca } \gamma \neq 1 \quad \eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (1.19)$$

$$\text{daca } \gamma = 1 \quad \eta = \frac{a}{a + 1} \quad (1.20)$$

unde a este un parametru numeric care depinde de constanta de timp τ , definit prin relația:

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} \quad (1.21)$$

Valorile pentru a_0 și τ_0 sunt indicate în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2 – Valori ale parametrului numeric a_0 si ale constantei de timp de referinta τ_0

Tipul clădirii		a_0	τ_0 [h]
I	Clădiri încălzite continuu (mai mult de 12 h pe zi), precum clădirile de locuit, hoteluri, spitale, camine si penitenciare:		
	Metoda de calcul lunar	1	15
	Metoda de calcul sezonier	0,8	30
II	Clădiri încălzite numai în timpul zilei (mai puțin de 12 h pe zi), precum clădiri destinate educației, birouri, clădiri pentru conferințe si comerciale	0,8	70

Figura 1.5 prezintă factorii de utilizare pentru perioadele de calcul lunar si pentru diverse constante de timp, pentru clădiri din categoria I(încălzite continuu) si II(încălzite discontinuu).

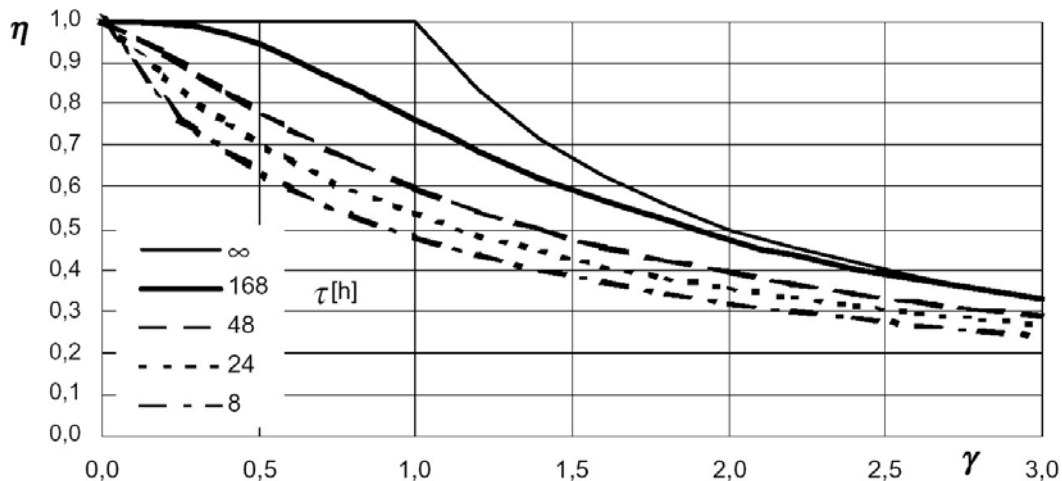
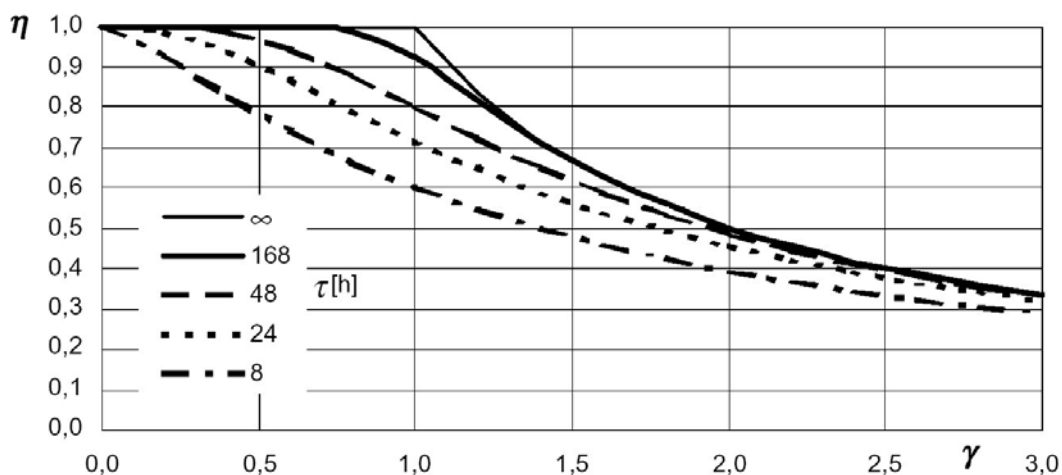


Figura 1.5. Factor de utilizare pentru constantele de timp de 8h, o zi, doua zile, o saptamana si infinit, valabil pentru o perioada de calcul lunar, pentru cladiri incalzite continuu(cladiri din categoria I, sus) si pentru cladiri incalzite numai pe timpul zilei(cladiri din categoria II, jos)

NOTA 1 Factorul de utilizare se defineste independent de caracteristicile instalatiei de încălzire, presupunând reglarea perfecta a temperaturii si flexibilitate infinita.

NOTA 2 O instalatie de încălzire cu un raspuns lent si un sistem de reglare imperfect pot afecta în mod semnificativ utilizarea aporturilor.

1.5.11 Necesarul anual de energie pentru încălzirea unei clădiri

1.5.11.1 Metoda de calcul lunar

Necesarul anual de energie termică este suma valorilor lunare ale necesarului de energie pentru lunile în care necesarul de caldură are valori pozitive:

$$Q_h = \sum_n Q_{hn} \quad (1.22)$$

Daca durata sezonului de încălzire este specificată la nivel national, suma se ia în considerare numai pentru acel sezon de încălzire.

1.5.11.2 Metoda de calcul pe sezonul de încălzire (metoda simplificata)

Aceasta metoda este o metoda simplificata si se aplica exclusiv cladirilor din categoria I (încălzite continuu).

Prima si ultima zi a sezonului de încălzire, adica durata si conditiile meteorologice medii ale acestuia pot fi stabilite la nivel national pentru o zona geografica data si pentru cladiri tip. Sezonul de încălzire cuprinde toate zilele pentru care aporturile de caldura, calculate cu un factor de utilizare conventional, η_1 , nu compenseaza pierderile termice, adica atunci când:

$$\theta_{ed} \leq \theta_{id} - \frac{\eta_1 Q_{gd}}{H * t_d} \quad (1.23)$$

unde :

θ_{ed} este temperatura exterioara medie zilnica;

θ_{id} este temperatura interioara medie zilnica;

η_1 este factorul de utilizare conventional, calculat cu $\gamma = 1$;

Q_{gd} reprezinta aporturile solare si interne medii zilnice;

H este coeficientul de pierderi termice al cladirii;

t_d este durata unei zile, adica 24 h sau 86.400 s.

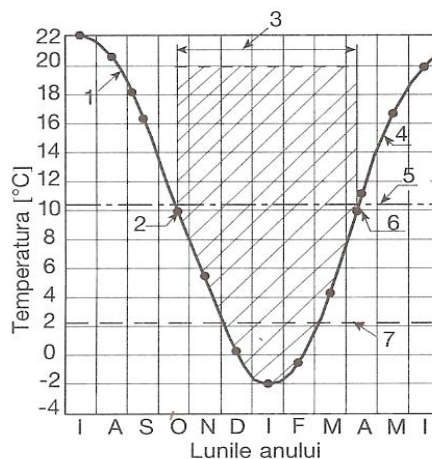
Temperatura θ_{ed} se numește “temperatură de echilibru” și reprezintă temperatura exterioară pentru care aporturile utilizate egaleaza pierderile de căldura ale clădirii.

Aporturile de căldură din formula (1.23) pot proveni dintr-o valoare convențională la nivel național sau regională a radiației solare totale zilnice la limitele sezonului de încălzire. Valorile medii lunare ale temperaturilor și ale aporturilor de căldură zilnice sunt corespunzătoare zilei a 15-a a fiecărei luni. Dacă nu sunt disponibile alte date climatice se pot utiliza valorile indicate în SR 4839, standardul referitor la “Număr grade –zile”.

Pentru a obține zilele limită pentru care este îndeplinită condiția (1.23) este utilizată o interpolare liniară. Pentru calculul simplificat, perioada de încălzire poate fi stabilită grafic prin intersecția valorii temperaturii de echilibru pentru perioada de încălzire cu curba de variație a temperaturilor exterioare medii lunare corespunzătoare localității, așa cum arată figura 1.6.

Figura 1.6 Stabilirea perioadei de încălzire

1. temperatura interioară
2. începutul perioadei de încălzire
3. număr zile de încălzire
4. curba de variație a temperaturilor medii lunare
5. temperatura de echilibru
6. sfârșitul perioadei de încălzire
7. temperatura medie a sezonului de încălzire



Necesarul de căldură al clădirii se calculează pentru întregul sezon de încălzire.

1.5.12 Consumul de energie pentru încălzire

Pentru o perioadă dată, consumul total de energie al clădirii (energia termică furnizată la brânșamentul instalației de încălzire), $Q_{f,h}$, este dat de relația următoare:

$$Q_{f,h} = Q_h + Q_{th} - Q_r \quad [J] \quad (1.24)$$

unde:

Q_h - reprezinta necesarul de energie pentru încălzirea clădirii, conform 1.22;

Q_r - este căldura recuperată de la echipamentele auxiliare, de la instalațiile de încălzire și de preparare a apei calde menajere și de la mediul înconjurător, inclusiv sursele de energie regenerabile, în cazul în care nu sunt luate în considerare direct prin diminuarea pierderilor;

Q_{th} - reprezintă totalul pierderilor de căldură datorate instalației de încălzire, inclusiv pierderile de căldură recuperate. Se includ de asemenea pierderile de căldură suplimentare datorate distribuției neuniforme a temperaturii în incinte și reglarea imperfectă a temperaturii interioare, în cazul în care nu sunt luate deja în considerare la temperatura interioară convențională.

NOTA – Necesarul și consumul de căldură se vor exprima în [J] sau [kWh] în funcție de scopul aplicării metodei de calcul

1. 6 Calculul pierderilor de căldură ale instalației de încălzire

Pentru calcularea acestor pierderi de căldură sunt considerate următoarele subsisteme ale sistemului de încălzire:

- sistemul de transmisie(emisie) a căldurii la consumator, inclusiv dispozitivele de reglare și control;
- sistemul de distribuție a căldurii către consumator, inclusiv dispozitivele de reglare și control;
- sistemul de stocare, inclusiv dispozitivele de reglare și control(acolo unde este cazul);
- sistemul de generare a căldurii (pentru clădiri dotate cu surse termice individuale) inclusiv dispozitivele de reglare și control.

Pierderile totale de căldură ale sistemului de încălzire a unei clădiri, Q_{th} , se exprimă ca sumă a pierderilor de căldură ale tuturor subsistemelor menționate mai sus, astfel:

$$Q_{th} = Q_{em} + Q_d + Q_s + Q_g \quad [J] \quad (1.25)$$

în care:

- Q_{em} = pierderi de căldură cauzate de un sistem non-ideal de transmisie a căldurii la consumator, în J;
- Q_d = pierderi de căldură ale sistemului de distribuție a căldurii către consumator, în J; valoarea acestor pierderi termice depinde de configurația sistemului de conducte de distribuție, amplasarea lor, tipul izolației termice, temperatura agentului termic, tipul dispozitivelor de reglare și control etc.;
- Q_s = pierderi de căldură ale sistemului de stocare(dacă există), în J;
- Q_g = pierderi de căldură ale sistemului de generare pe durata funcționării, pe durata opririi sursei și cauzate de un sistem de reglare și control non-ideal, în J.

1.6.1 Pierderile de căldură ale sistemului de transmisie, Q_{em}

Pierderile sistemului de transmisie a căldurii se calculează astfel:

$$Q_{em} = Q_{em,str} + Q_{em,emb} + Q_{em,c} \quad [J] \quad (1.26)$$

în care:

- $Q_{em,str}$ = pierderi de căldură cauzate de distribuția neuniformă a temperaturii, în J;
- $Q_{em,emb}$ = pierderi de căldură cauzate de poziția corpurilor de încălzire, în J;
- $Q_{em,c}$ = pierderi de căldură cauzate de dispozitivele de reglare a temperaturii interioare, în J.

6.2 Pierderi datorate distribuției neuniforme a temperaturii interioare, $Q_{em,str}$

Pentru a calcula pierderile de caldura datorate distributiei neuniforme a temperaturii interioare se folosesc valori experimentale stabilite pentru eficiența sistemelor de transmisie a căldurii așa cum se indica în paragraful 1.6.2.1 sau 1.6.2.2.

1.6.2.1 Utilizarea valorilor tabelare ale eficienței pentru distribuția neuniformă a temperaturii (calcul de nivel B)

Dacă se cunoaște eficiența sistemului de transmisie a căldurii η_{em} atunci pierderile de căldură suplimentare ale acestuia, $Q_{em, str}$ se pot calcula astfel:

$$Q_{em, str} = \frac{1 - \eta_{em}}{\eta_{em}} \cdot Q_h \quad [J] \quad (1.27)$$

Anexa II.1.B conține exemple de valori pentru eficiența sistemelor de transmisie a căldurii datorate distribuției neuniforme a temperaturii interioare.

1.6.3 Pierderi de căldură ale sistemelor de încălzire prin radiație cauzate de disiparea căldurii către exterior, $Q_{em, emb}$

Acestea pierderi apar la sistemele de încălzire prin radiație de pardoseală, plafon sau pereți și se calculează doar atunci când elementul de construcție încălzitor conține o suprafață orientată către exteriorul spațiului încălzit, către sol, către alte clădiri sau către alte spații neîncălzite.

Dacă caracteristicile suprafețelor emise (exemplu: grosimea sau tipul izolației termice) sunt diferite în cadrul aceleiași clădiri, atunci este necesară separarea calculelor pentru fiecare zonă omogenă din punct de vedere al sistemului de încălzire prin radiație.

Comentarii:

Considerarea în calcule a creșterii temperaturii în elementul de construcție se face doar o singură dată. În cazul clădirilor mari este importantă utilizarea valorii echivalente a lui U_e , calculată conform Metodologie – Partea I

Pierderile de căldură ale sistemelor de încălzire prin radiație cauzate de disiparea căldurii către exterior se calculează după cum urmează:

-se determină necesarul de energie termică al încăperii, astfel:

$$Q_i = A \cdot U_i \cdot (\theta_m - \theta_i) \cdot t \quad [J] \quad (1.28)$$

-se determină pierderile de căldură către partea neemisivă a suprafeței radiante, astfel:

$$Q_{e,a} = A \cdot U_e \cdot (\theta_m - \theta_e) \cdot t \quad [J] \quad (1.29)$$

Prin combinarea relațiilor 1.28 și 1.29 se obține:

$$Q_{e,a} = [(U_e/U_i) \cdot Q_i + A \cdot U_e \cdot (\theta_i - \theta_e)] \cdot t \quad [J] \quad (1.30)$$

în care:

A = aria suprafeței de încălzire prin radiație, în m^2 ;

U_e = coeficientul de transfer termic între nivelul de montare al serpentinei încălzitoare și exterior, sol, spațiul neîncălzit sau clădirea adiacentă, în $W/m^2 \cdot ^\circ C$;

U_i = coeficientul de transfer termic între nivelul de montare al serpentinei încălzitoare și spațiul încălzit, în $W/m^2 \cdot ^\circ C$;
 θ_m = temperatura medie a suprafeței încălzitoare, în $^\circ C$;
 θ_e = temperatura exterioară, a solului, a spațiului neîncălzit sau a clădirii învecinate, în $^\circ C$;
 θ_i = temperatura interioară, în $^\circ C$;
 t = timpul, în ore.

Transferul termic către sol poate fi calculat conform Metodologiei – Partea I.

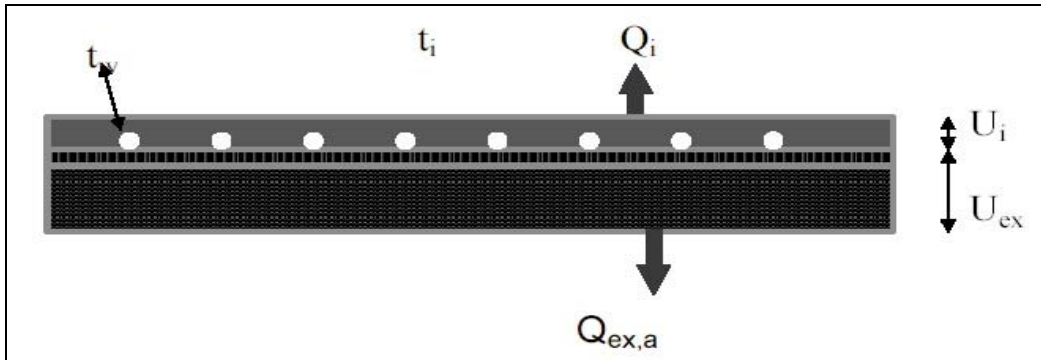


Figura 1.7: Transferul termic în cazul suprafețelor de încălzire încorporate în elementele de construcție

O altă posibilitate de a exprima pierderile de căldură ale unui element de construcție încălzitor (suprafață radiantă) este de a calcula pierderile ca un procent din necesarul de căldură pentru încălzirea încăperii, adică

$$Q_{em,emb} = Q_h \cdot \sum_{emb} \frac{A_{emb}}{A_{zone}} \cdot \frac{x_j}{100} \quad [J] \quad (1.31)$$

în care:

A_{emb} = aria suprafeței radiante, în m^2 ;

x_j = procentul pierderilor de căldură (între 0 and 100%), dat de relația

$$x_j = 100 \cdot \frac{R_j}{\frac{1}{b \cdot U} - R_j} \quad [\%] \quad (1.32)$$

în care:

R_j = rezistența termică a elementului de construcție încălzitor, între nivelul de montare a serpentinei încălzitoare și spațiul încălzit, în $m^2 \cdot K/W$;

U = coeficientul global de transfer termic al elementului de construcție încălzitor, în $W/m^2 \cdot ^\circ C$;

b = factorul de corecție a temperaturii care ține cont de reducerea temperaturii (spre exemplu, între elementele încălzitoare ale serpentinei), cu valoarea diferită de 1 doar dacă la calcularea lui U nu s-a luat în calcul și acest fenomen.

Cazul elementului de construcție în contact cu solul

Procentul pierderilor de căldură este calculat cu relația:

$$x_j = 100 \cdot \frac{R_j}{\frac{A_G}{L_G} - R_j} \quad [\%] \quad (1.33)$$

în care:

L_G = componenta constantă a coeficientului pierderilor de căldură;

A_G = aria elementului de construcție în contact cu solul, în m^2 .

1.6.4 Pierderi de căldură ale sistemelor de încălzire cauzate de reglarea temperaturii interioare, $Q_{em,c}$

Această metodă se referă doar la sistemul de reglare al consumatorului (sistemul de emisie), neluând în calcul influențele pe care reglarea centrală sau locală le poate avea asupra eficienței sursei de căldură sau asupra pierderilor de căldură din rețeaua de distribuție.

Sistemele reale de reglare produc oscilații ale temperaturii în jurul valorii de referință prestabilite din cauza caracteristicilor fizice ale sistemului de control, amplasării senzorilor și capacității sistemului de încălzire de a reacționa corespunzător la influența factorilor exteriori. Aceste oscilații conduc la creșterea sau descreșterea disipărilor de căldură prin anvelopa clădirii comparativ cu disipările de căldură calculate în ipoteza unei temperaturi interioare constante.

Pierderile de căldură ale sistemului de transmisie a căldurii se pot calcula în mai multe feluri. Metoda de calcul depinde de forma în care datele sunt disponibile relativ la performanța sistemului de reglare: eficiența sistemului de reglare η_c sau factorul de performanță energetică e_c sau creșterea echivalentă a temperaturii interioare $\Delta\theta_i$. Toate metodele de calcul sunt de nivel B.

1.6.4.1 Metodă bazată pe eficiența reglării, η_c (calcul de nivel B)

Dacă se cunoaște eficiența sistemului de reglare, pierderile de căldură pe care le implică utilizarea unui sistem real de reglare sunt date de:

$$Q_{em,c} = \frac{1 - \eta_c}{\eta_c} \cdot Q_h \quad [J] \quad (1.34)$$

în care:

η_c = eficiența sistemului de reglare.

Anexa II.1.B conține exemple de valori ale mărimii η_c .

1.6.4.2 Bazele metodei utilizând factorul de performanță energetică (calcul de nivel B)

Influența sistemului de reglare este cuantificată cu ajutorul coeficientului denumit factor de performanță energetică, e_c . Acesta exprimă relația dintre energia utilizată de către sistemul real de transmisie a căldurii și energia utilizată de un sistem ideal.

Pierderile suplimentare de căldură cauzate de sistemul de reglare se pot calcula astfel:

$$Q_{em,c} = Q_h \cdot (e_c - 1) \quad [J] \quad (1.35)$$

În anexa II.1.C se regăsesc exemple de factori de performanță energetică pentru diferite tipuri de corpuri de încălzire.

1.6.4.3 Metodă utilizând creșterea temperaturii interioare echivalente (calcul de nivel B)

Creșterea echivalentă a temperaturii interioare se poate utiliza la calcularea creșterii corespunzătoare a pierderilor de căldură în două moduri:

- a) - prin multiplicarea necesarului de căldură al clădirii, Q_h , cu un factor dat de raportul dintre creșterea echivalentă a temperaturii interioare ca urmare a reglajului, $\Delta\theta_i$ și media sezonieră a diferenței dintre temperatura interioară și exterioară, adică:

$$\Delta Q_{em,c} = Q_h \cdot \frac{\theta_i - \theta_{e,avg} + \Delta\theta_i}{\theta_i - \theta_{e,avg}} \quad [J] \quad (1.36)$$

- b) - prin recalcularea necesarului de căldură al clădirii, utilizând creșterea echivalentă a temperaturii spațiului încălzit.

1. 7. Calculul pierderilor de căldură la nivelul subsistemului de distribuție, Q_d

Pierderile de căldură din sistemele de distribuție depind de temperatura medie a apei din conducta de tur, respectiv retur, de temperatura ambianței și de caracteristicile izolației termice a conductelor.

1.7.1 Metoda de calcul

Datele de bază necesare în metoda de calcul sunt următoarele:

L	lungimea conductelor din zona de calcul
U'	valoarea coeficientului de transfer de căldură în W/mK pentru fiecare tronson de conductă
θ_m	temperatura medie a aerului interior în $^{\circ}\text{C}$
θ_a	temperatura aerului exterior(ambianță) în $^{\circ}\text{C}$
t_H	numărul de ore în pasul de timp în h/pasul de timp numărul de robinete ce trebuie luate în considerare

Rezultatele se referă la:

Q_d	energia termică pierdută în sistem [J sau kWh/pasul de timp]
$Q_{d,r}$	energia recuperată [J sau kWh/pasul de timp]
$Q_{d,u}$	energia nerecuperată [J sau kWh/pasul de timp]

Energia termică pierdută pe rețeaua de distribuție în pasul de timp(perioada) t_H este:

$$Q_d = \sum_i U'_i \cdot (\theta_m - \theta_{a,i}) \cdot L_i \cdot t_H \quad (1.37)$$

cu U' valoarea coeficientului de transfer de căldură în W/mK

θ_m	temperatura medie a agentului termic în $^{\circ}\text{C}$
θ_a	temperatura aerului exterior(ambianță) în $^{\circ}\text{C}$
L	lungimea conductei
i	indicele corespunzător conductelor cu aceleași condiții la limită
t_H	numărul de ore în pasul de timp (h/pasul de timp)

Pentru părțile (tronsoanele) din sistem care au același coeficient U' , aceeași temperatura a agentului termic și aceeași temperatura a aerului exterior energia termică pierdută este dată de relația simplificată:

$$Q_d = \sum_i q_{d,i} \cdot L_i \cdot t_H \quad (1.38)$$

Pierderile de căldură lineare $q_{d,i}$, prin transmisie către mediul ambiant cu temperatura θ_a depind de coeficientul de încălzire medie a sistemului de distribuție a căldurii β_D și se calculează cu relația:

$$\dot{q}_{d,j}(\beta_D) = U'_i(\theta_m(\beta_D) - \theta_{a,j}) \quad (1.39)$$

În sistemele de distribuție cu temperatura de alimentare constantă, temperatura medie θ_m este constantă și nu depinde de sarcina medie.

La o diferență între temperatura spațiului încălzit și cel neîncălzit calculată ca $\Delta\theta_U = \theta_a - \theta_U$ și coeficienți de transfer de căldură unitari pentru spațiile încălzite respectiv neîncălzite U' și U'_U , pierderile de căldură prin transmisie către spațiile neîncălzite se calculează astfel :

$$\dot{q}_{d,j}(\beta_D) = \dot{q}_d(\beta_D) \cdot \left(\frac{U'_U}{U'} + U'_U \cdot \frac{\Delta\theta_U}{\dot{q}_d(\beta_D)} \right) \quad (1.40)$$

sau notând termenii cuprinși în paranteză cu f_U , relația poate fi scrisă astfel:

$$\dot{q}_{d,j}(\beta_D) = \dot{q}_d(\beta_D) \cdot f_U \quad (1.41)$$

adică se ține seama de coeficienții de transfer de căldură unitari și de diferența de temperatură dintre spațiile încălzite și neîncălzite.

Dacă se consideră o lungime totală a conductei L_H în spațiul încălzit și respectiv L_U în spațiul neîncălzit, coeficientul de recuperare din pierderea de căldură a conductelor poate fi calculat astfel:

$$a_n = \frac{L_H}{L_H + \frac{U'_U}{U'} L_U \left(1 + \frac{\Delta\theta_U}{\theta_m(\beta_D) - \theta_a} \right)} \quad (1.42)$$

Temperatura medie a agentului termic θ_m și coeficientul de încălzire medie a sistemului de distribuție a căldurii β_D se calculează conform capitolului 1.7.9 și 1.7.8.

1.7.2 Pierderea de căldură a elementelor conexe

Pierderile de căldură ale unui sistem de conducte trebuie să ia în considerare nu numai pierderile aferente conductelor dar și pe cele ale elementelor conexe (robinete, armături, suporturi neizolate, etc.).

Pentru a lua în considerare pierderile în elementele conexe se consideră o lungime echivalentă. Pentru pierderile prin corpul robinetelor inclusiv flansele de imbinare, lungimea echivalentă considerată depinde de gradul de izolare așa cum arată tabelul 1.3:

Tabel 1.3. Lungimea echivalentă pentru armături

Robinete incluzand si flansele de prindere	Lungimea echivalenta [m] D<=100mm	Lungimea echivalenta [m] D>=100mm
neizolate	4,0	6,0
izolate	1,5	2,5

Aceasta valoare se va insuma cu lungimea conductelor.

1.7.3 Pierderile de căldură recuperabile și nerecuperabile

Luand in considerare suma tuturor lungimilor conductelor aflate in spatii incalzite se pot deduce pierderile de caldura recuperabile $Q_{d,r}$ in pasul de timp utilizat.

$$Q_{d,r} = \sum_i \dot{q}_{d,r,j} \cdot L_{r,i} \cdot t_H \quad [\text{J}; \text{kWh}] \quad (1.43)$$

In mod similar luand in considerare lungimea conductelor din spatiile neincalzite se pot calcula pierderile de caldura nerecuperabile $Q_{d,u}$.

1.7.4 Pierderile totale de căldură

Pierderile totale de caldura se calculeaza ca suma pierderile recuperabile si cele nerecuperabile:

$$Q_d = Q_{d,r} + Q_{d,u} \quad [\text{J}; \text{kWh}] \quad (1.44)$$

1.7.5 Calculul coeficientului unitar de transfer U' (W/mK):

Valoarea coeficientului U' de transfer de caldura pentru conductele izolate, care ia in considerare atat transferul de caldura prin radiatie cat si prin convecție este dat de relatia:

$$U' = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a} \right)} \quad (1.45)$$

in care:

d_i, d_a –diametrele conductei fara izolatatie, respectiv diametrul exterior al conductei (m)

α_a - coeficientul global de transfer termic la exteriorul conductei (W/m²K)

λ_D –coeficientul de conductie a izolatiei (W/mK)

Pentru conductele pozate subteran coeficientul de transfer U' se calculeaza cu relatia:

$$U_{em}' = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\lambda_E} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{D} \right)} \quad (1.46)$$

unde z – adancimea de pozare

λ_E – coeficientul de conductie al solului (W/mK)

1.7.6 Metoda de calcul simplificata

Datele de baza necesare pentru aplicarea metodei simplificate sunt urmatoarele:

L	lungimea zonei considerate
B	latimea zonei
h_G	inaltimea nivelurilor
n_G	numarul de niveluri in zona respectiva
θ_m	temperatura medie in zona
θ_a	temperatura din spatiile adiacente zonei (incalzite sau neincalzite)
t_H	numarul de ore de functionare a instalatiei de incalzire in pasul de timp utilizat (h/pasul de timp)
	numarul de robinete, armături, suporturi de sustinere a conductelor

Rezultate:

Q_d pierderea de caldura in sistemul de transport si distributie a caldurii din zona respectiva

$Q_{d,r}$ energia recuperabila in zona respectiva (J sau kWh/pasul de timp)

$Q_{d,u}$ energia nerecuperabila in zona respectiva (J sau kWh/pasul de timp)

1.7.6.1 Aproximarea lungimii conductelor in sistemul de distributie din zona considerata

In metoda simplificata aproximarea lungimii conductelor in cladirea sau zona considerata se poate face pe baza lungimii L , latimii B , inaltimii h_G a nivelelor si numarul nivelelor (n_G) ale clădirii sau zonei considerate.

Lungimea conductelor in sistemele de distributie este:

L_V	lungimea conductelor dintr-o sursă la baza coloanelor de distributie. Reteaua orizontala de distributie poate fi amplasata in spatiu incalzit sau neincalzit (in subsol).
L_S	lungimea conductelor pe coloane (pe verticala). Aceste conducte sunt in spatiu incalzit, in pereti dubli.

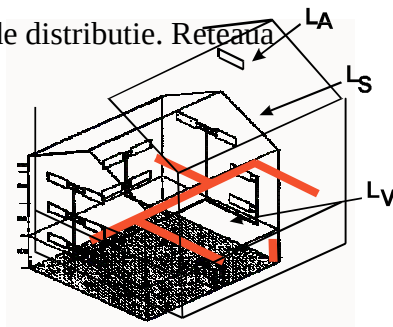


Figura 1.8. Distributia conductelor in interiorul unei cladiri

L_A Lungimea racordurilor.

Tabel 1.4. Aproximatii standard pentru sisteme bifilare

Valori	Simbol	Unitate de masura	Retea de dsitributie	Coloane	Racorduri
Temperatura din spatiile adiacente		$^{\circ}\text{C}$	13 respectiv 20	20	20
Lungimea conductelor in pereti exteriori	L_i	m	$2L + 0,01625 \cdot L \cdot B^2$	$0,025L \cdot B \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55L \cdot B \cdot n_G$
Lungimea conductelor in interiorul cladirii	L_i	m	$2L + 0,0325 \cdot L \cdot B + 6$	$0,025L \cdot B \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55L \cdot B \cdot n_G$

Tabel 1.5. Aproximatii standard pentru sisteme monofilare

Valori	Simbol	Unitate de masura	Retea de dsitributie	Coloane	Racorduri
Lungimea conductelor in interiorul cladirii	L	m	$2L + 0,0325 \cdot L \cdot B + 6$	$0,025L \cdot B \cdot h_G \cdot n_G + 2(L + B)n_G$	$0,1L \cdot B \cdot n_G$

1.7.6.2 Aproximarea coeficientului de transfer U'

În metoda de calcul simplificată se acceptă valori aproximative pentru coeficientul de transfer termic U' . Orientativ pot fi folosite valorile indicate in tabelul 1.6 impreuna cu figura 1.8.

Tabel 1.6 Valori orientative pentru U' [W/mK] pentru cladiri noi si existente

Anul constructiei	Distributia orizontala	Coloane in pereti exteriori		Coloane in pereti interiori	
	Zona V	Zona S	Zona A	Zona S	Zona A
> 1995	0,200	0,255	0,255	0,255	0,255
1980 - 1995	0,200	0,400	0,400	0,300	0,400
< 1980	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Conducte neizolate					
A ≤ 200 m ²	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
A ≤ 500 m ²	2,0				
A > 1000 m ²	3,0				
Conducte in pereti exteriori		Pierderi totale / pierderi recuperabile			
Pereti fara izolatie		1,35/0,80			
Pereti cu izolatie la exterior		1,00/0,90			
Pereti fara izolatie dar cu valoare U mica ($U=0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)		0,75/0,55			

1.7.7 Metoda de calcul tabelară (simplificata)

Datele de baza necesare pentru aplicarea metodei simplificate sunt urmatoarele:

A aria pardoselii incalzite (m²)

θ_m temperatura medie in zona

t_H numarul de ore de functionare a instalatiei de incalzire in pasul de timp utilizat (h/pasul de timp)

Rezultate:

Q_d pierderea de caldura in sistemul de transport si distributie a caldurii din zona respectiva (J sau kWh/pasul de timp)

$Q_{d,r}$ energia recuperabila in zona respectiva (kWh/pasul de timp)

$Q_{d,u}$ energia nerecuperabila in zona respectiva (kWh/pasul de timp)

Metoda de calcul tabelară combină ipotezele metodei de calcul simplificate cu temperaturile de calcul utilizate la proiectare furnizînd valori anuale ale pierderilor de căldură în kWh/an. Metoda tabelară este prezentată informativ în anexa II.1.D. Valorile corespund condițiilor precizate în anexă.

1.7.8 Calculul coeficientului de încărcare medie a sistemului de distribuție a căldurii, β_D

Coeficientul de încărcare medie a sistemului de distribuție a căldurii se calculează cu relația următoare:

$$\beta_D = \frac{Q_{em,in}}{\dot{Q}_N \cdot t_H} \quad (1.47)$$

unde:

$Q_{em,in}$ - energia transportată incluzând pierderile de căldură în pasul de timp, calculată conform relației următoare :

$$Q_{em,in} = Q_h + Q_{em} + Q_d - kW_{d,e}$$

$kW_{d,e}$ – este partea termică recuperată din energia electrică de acționare a pompelor, conform 1.9.8

$\dot{Q}_N$ - sarcina nominală (de calcul) în zona (clădirea) respectivă

t_H - numărul de ore de funcționare a instalației de încălzire în pasul de timp utilizat (h)

1.7.9 Calculul temperaturilor tur/retur ce depind de sarcina termică

Pentru sistemele de încălzire la care temperatura pe conductă de ducere depinde de variația temperaturii exterioare, temperatura pe ducere și întoarcere ca și temperatura medie a sistemului de conducte se pot stabili în funcție de coeficientul de încărcare medie a fiecărei porțiuni:

$$\theta_m(\beta_i) = \Delta\theta_a \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad (1.48)$$

$$\theta_v(\beta_i) = (\theta_{va} - \theta_i) \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad (1.49)$$

$$\theta_r(\beta_i) = (\theta_{ra} - \theta_i) \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad (1.50)$$

unde

β_i - coeficientul de încărcare medie a unei porțiuni din sistem

$\Delta\theta_a$ diferența între temperatura medie a agentului termic și temperatura interioară

$$\Delta\theta_a = \frac{\theta_{va} + \theta_{ra}}{2} - \theta_i \quad (1.51)$$

n exponent depinzând de corpurile de încălzire (1,33 pentru radiatoare și 1,1 pentru încălzire prin pardoseală)

θ_i temperatura interioară $^{\circ}\text{C}$

1. 8. Calculul pierderilor de căldură și performanța cazanelor

Performanța cazanelor care alimentează sistemele de încălzire din clădiri se apreciază prin randamentul sezonier al acestora. Randamentul se calculează în funcție de tipul de cazan, de tipul de combustibil și de modul de funcționare.

1.8.1 Eficiența netă a cazanului

Pentru ca rezultatele să acopere solicitarea cazanului în sarcină variabilă se consideră randamentul la încărcare maximă și randamentul la sarcină minimă de 30%.

Tabelul 1.7 indică valoarea maximă acceptată de norme pentru eficiența netă, $\eta_{g,net}$, în funcție de tipul cazanului.

Tabelul 1.7: Eficiența maximă netă în procente, $\eta_{g,net}$ [%]

Cazane cu condensare		Cazane fără condensare	
Încărcatura maximă	Încărcatura min 30%	Încărcatura maximă	Încărcatura min 30%
101,0	107,0	92,0	91,0

1.8.2 Eficiența brută a cazanului

Pentru calculul randamentului brut se utilizează factorii de conversie din tabelul 1.8 în ecuația următoare:

$$\eta_{g,brut} = f \times \eta_{g,net} \quad (1.52)$$

Tabelul II.1.8: Factori de conversie f

Combustibil	Factor de conversie f
Gaz natural	0,901
Propan sau butan	0,921
Cherosen sau gaz lichefiat	0,937

1.8.3 Calculul randamentului sezonier

Randamentul sezonier se calculează în funcție de randamentul sezonier brut și net al cazanelor.

1.8.3.1 Randamentul sezonier brut

Pentru a stabili randamentul sezonier brut al cazanelor se aplică relațiile de calcul indicate în tabelul 1.9, 1.10 și 1.11, în funcție de tipul de cazan și tipul de combustibil utilizat. Ecuațiile caracteristice din acest tabel depind de randamentul brut la sarcină maximă și sarcină minimă și de parametrii p , b , V , L stabiliți după cum urmează:

1. Parametrul p:

- ♦ cazan pe gaz,
 - cu flacara de veghe p=1
 - fara flacara de veghe p=0

2. Parametrul b:

- ♦ cazane cu acumulare (pornit- oprit sau modulare)
 - cu stocaj functional b=1;
 - fara stocaj functional b=0
- ♦ cazane in condensatie (pornit- oprit sau modulare) si unitati primare de stocaj
 - b=1

3. Parametrii V,L:

- ♦ pentru cazane cu acumulare si unitati primare de stocaj se calculeaza volumul de acumulare V in litri, din specificatii si factorul de pierdere L folosind urmatoarea ecuatie:
 - daca grosimea izolatiei, $d_{iz} < 10\text{mm}$: $L = 0,0945 - 0,0055d_{iz}$
 - daca grosimea izolatiei, $d_{iz} \geq 10\text{mm}$: $L = 0,394/d_{iz}$

In functie de categoria cazanului in tabelul 1.8 se indica numarul ecuatiei din tabelul 1.9 si 1.10 care se va aplica pentru calculul randamentului brut sezonier.

Tabelul 1.9: Categorii de cazane

	Fara condensare				Temperaturi scazute	Cu condensare			
	Gaz		Hidrocarburi			Gaz		Hidrocarburi	
	On/Off	Modular	On/Off	Modular		On/Off	Modular	On/Off	Modular
Cazane clasice	101	102	201	X	X	101	102	201	X
Cazane instant cobinate (inc+acc)	103	104	202	X	X	103	104	202	X
Cazane cu acumulare combinat(inc+acc)	105	106	203	X	X	105	106	203	X
Unitate primara combinata de stocare	107	107	X	X	X	105	106	X	X

Tabelul 1.10: Eficienta sezoniera bruta η pentru cazane pe gaz

Cazan pe gaz	Nr. ec.	Ecuatie
Pornit oprit normal	101	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 2.5 - 4p$
Normal modular	102	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 2.0 - 4p$

Combinatie pornit/oprit instantaneu	103	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 2.8 - 4p$
Combinatie modular acumulare	104	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 2.1 - 4p$
Combinatie pornit oprit cu acumulare	105	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 2.8 + (0.209 \times b \times L \times V) - 4p$
	106	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 1.7 + (0.209 \times b \times L \times V) - 4p$
	107	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - (0.539 \times L \times V) - 4p$

Tabel 1.11: Eficienta bruta sezoniera η pentru cazane utilizand hidrocarburi

Cazane pe hidrocarburi	Nr. ec.	Ecuație
Normal	201	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}})$
Instantaneu	202	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 2.8$
Amestec cu acumulare	203	$\eta = 0.5(\eta_{\max} + \eta_{\text{part}}) - 2.8 + (0.209 \times b \times L \times V)$

1.8.3.2 Randamentul sezonier net

Pentru a calcula randamentul sezonier net al cazanelor se aplica ecuatia urmatoare:

$$\eta_{g,\text{net}} = 1/f \times \eta_{g,\text{brut}} \quad (1.53)$$

1.8.4 Calculul pierderilor de caldura ale generatorului (sursei)

Pierdere de caldura totala la nivelul generatorului se calculeaza in functie de randamentul sezonier net cu relatia urmatoare:

$$Q_g = Q_{g,\text{out}} \frac{1 - \eta_{g,\text{net}}}{\eta_{g,\text{net}}} \quad (1.54)$$

$Q_{g,\text{out}}$ – se calculeaza in functie de tipul de cazan:

- pentru cazane de incalzire: $Q_{g,\text{out}} = Q_h + Q_{\text{em}} + Q_d - kW_{d,e}$ (1.55)

- pentru cazane de incalzire si preparare apa calda de consum:

$$Q_{g,\text{out}} = Q_h + Q_{\text{em}} + Q_d - kW_{d,e} + Q_{\text{acc}} \quad (1.56)$$

- pentru sistemele de incalzire care utilizeaza combinat surse clasice si neconventionale sau regenerabile de energie:

$$Q_{g,\text{out}} = Q_h + Q_{\text{em}} + Q_d - kW_{d,e} + Q_{\text{acc}} - Q_{\text{rg}} \quad (1.57)$$

Q_{rg} – energia furnizata de sursele regenerabile in perioada de calcul

1.8.5 Calculul necesarului de energie termica la nivelul sursei, $Q_{g,in}$:

$$Q_{g,in} = \frac{Q_{g,out}}{\eta_{g,net}} \quad (1.58)$$

1.8.6 Consumul de combustibil la nivelul sursei

Consumul de combustibil necesar pentru a asigura energia $Q_{g,in}$ la nivelul sursei se calculeaza in functie de puterea calorifica inferioara a combustibilului si randamentul de ardere η_{ar} , astfel:

$$B_{g,in} = \frac{Q_{g,in}}{\eta_{ar} P_{ci}} \quad (II.1.59)$$

1.9. Consumul de energie electrică pentru distribuția agentului termic de încălzire și energia auxiliară recuperată

1.9.1 Generalitati

Necesarul suplimentar de energie pentru rețelele de transport și distribuție depinde de mărimea debitului vehiculat, de pierderile de sarcină și condițiile de funcționare ale pompei. În timp ce valorile debitului și ale pierderilor de sarcină sunt importante pentru dimensionarea pompelor, factorul corespunzător sarcinii parțiale influențează la fiecare pas de timp cererea de energie.

Calculul puterii pompei la funcționarea acesteia necesită cunoașterea randamentului pompei în orice punct de funcționare, lucru ce nu poate fi cunoscut decât prin efectuarea unor simulări de funcționare. Prezenta normă ia în considerare numai factorii ce influențează esențial performanța sistemului (sarcină termică, modul de reglare și automatizare etc.). Modul de abordare este acela de a separa valoarea pierderilor de sarcină ce depind de dimensionarea conductelor și factorul de pierderi al pompelor ce ține de randamentul acestora. Calculul este realizat pentru o zonă a clădirii cu o anumită suprafață echivalentă, lungime, lățime și număr de niveluri.

1.9.2 Sarcina hidrodinamică

În toate calculele este importantă pierderea de sarcină din sistemul de distribuție pentru regimul nominal (de calcul). Sarcina hidrodinamică se calculează cu relația următoare:

$$P_{hydr} = 0,2778 \cdot \Delta p \cdot \dot{V} \quad (1.60)$$

unde

$\dot{V}$	Debitul volumic în punctul de calcul [m ³ /h]
Δp	Presiunea diferențială (înălțimea de pompă) necesară în punctul de calcul (condiții de calcul) [kPa]

Debitul este calculat la sarcină de încălzire $\dot{Q}_N$ pe zone și la o diferență de temperatură $\Delta\theta_{HK}$ a sistemului de încălzire.

$$\dot{V} = \frac{3600 \cdot \dot{Q}_N}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta\theta_{HK}} \quad (1.61)$$

unde:

c_p	caldura specifica	[kJ/kg K]
ρ	densitatea apei	[kg/m ³]
$\Delta\theta_{HK}$	diferenta de temperatura a sistemului de incalzire proiectat	[K]

Pierderea totala de sarcina in regimul nominal pentru o zona este determinata de rezistentele hidraulice ale conductelor (incluzand pe cea a echipamentelor):

$$\Delta p = (1 + z)R \cdot L_{\max} + \Delta p_{HF} + \Delta p_{HKV} + \Delta p_{SR} + \Delta p_{WE} + \Delta p_{ext} \quad (1.62)$$

unde: z coeficientul de pierderi de sarcina locale si echipamente [%]

R pierderea de sarcina distribuita [kPa/m]

$L_{\max}$ lungimea celui mai dezavantajat circuit in sistemul de incalzire [m]

Δp_{HF}	Presiunea diferentiala la corpurile de incalzire (pierderea de sarcina)	[kPa]
Δp_{HKV}	Presiunea diferentiala pentru robinetele de reglare ale corpurilor de incalzire	[kPa]
Δp_{SR}	Presiunea diferentiala pentru robinetele corespunzatoare zonelor	[kPa]
Δp_{WE}	Presiunea diferentiala la furnizarea caldurii	[kPa]
Δp_{ext}	Presiunile excedentare	[kPa]

Observatie. Toate au de fapt semnificatia unor pierderi de sarcina.

1.9.3 Detalierea metodei de calcul

1.9.3.1 Date de baza/ rezultate

Datele de baza (de intrare) pentru aplicarea metodei sunt redade mai jos.

P_{hydr} Puterea corespunzatoare punctului de functionare (de dimensionare) calculat la sarcina de incalzire

$\dot{Q}_N$ - sarcina termica de calcul [W]

$\Delta\theta_{HK}$ diferenta de temperatura a sistemului de incalzire proiectat [K]

$L_{\max}$ lungimea maxima a conductei pentru zona respectiva [m]

Δp diferenta de presiune (pierderea de sarcina) pe circuitul zonei de calcul [kPa]

β_D sarcina medie pe sistemul distributie [-]

t_H numarul de ore de incalzire pe an [h/an]

f_p factor de corectie pentru temperatura agentului termic [-]

f_{sch} factor de corectie pentru retelele de distributie [-]

f_A	factor de corectie pentru corectia suprafetelor de incalzire	[-]
f_{Ah}	factor de corectie pentru echilibrarea hidraulica	[-]
$e_{d,e}$	factor energetic pentru functionarea pompelor de circulatie	[-]
	calculat de prezenta normă în funcție de:	
f_η	factor de corectie pentru randament	[-]
f_π	factor de corectie pentru sarcina partiala	[-]
f_{Ausl}	factor de corectie pentru punctul de functionare	[-]
f_R	factor de corectie pentru reglare	[-]

Rezultatele se refera la:

$W_{d,e}$ necesarul anual de energia electrica de pompare [kWh/an]

$W_{d,e,M}$ necesarul lunar de energie electrica de pompare [kWh/luna]

$Q_{d,r,a}$ energia recuperabila din mediul ambiant [kWh/perioada]

1.9.3.2 Metoda de calcul detaliata

Consumul de energie electrică pentru pompele de circulatie din sistemul de incalzire se calculeaza cu relatia urmatoare:

$$W_{d,e} = W_{d,hydr} \cdot e_{d,e} \quad (1.63)$$

unde

$W_{d,e}$ necesarul anual de energie electrică, [kWh/a]

$W_{d,hydr}$ necesarul anual de energie hidraulică, [kWh/a]

$e_{d,e}$ factorul energetic pentru functionarea pompelor de circulatie [-]

Necesarul de energie pentru pompele din sistemele de incalzire este dat de valoarea P_{hydr} precum si de sarcina de încărcare medie a sistemului de distributie a caldurii β_D si numarul de ore de incalzire in pasul de timp t_H .

Factorii de corectie f_V , f_{Sch} si f_A includ cei mai importanti parametrii legati de dimensionarea sistemului de incalzire. Factorul f_{Ab} ia in considerare echilibrarea hidraulica a sistemului de distributie a caldurii.

$$W_{d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot \beta_D \cdot t_H \cdot f_V \cdot f_{Sch} \cdot f_A \cdot f_{Ab} \quad (1.64)$$

unde:

P_{hydr} sarcina hidrodinamica in regimul de calcul [W]

β_D factorul de incarcare (sarcina medie) in sistemul de distributie a caldurii [-]

t_H	numarul de ore de incalzire pe an	[h/an]
f_p	factor de corectie pentru temperatura agentului termic	[-]
f_{sch}	factor de corectie pentru retelele de distributie	[-]
f_{Af}	factor de corectie pentru dimensionarea suprafetelor de incalzire	[-]
f_{Ah}	factor de corectie pentru echilibrarea hidraulica	[-]

Calculul factorilor de corectie pentru metoda detaliata este prezentat in anexa II.1.E.

1.9.4 Metoda de calcul simplificata

Pentru a aplica o metoda de calcul simplificata este nevoie de urmatoarele marimi:

P_{hydr} sarcina hidrodinamica in regimul de calcul pentru zona respectiva in [W] calculata pe baza

$\dot{Q}_N$ sarcinii termice,

$\Delta\theta_{HK}$ diferenta de temperatura in regimul de calcul [K] in sistemul de distributie din zona respectiva

L_{max} lungimea maxima a circuitului de incalzire din zona respectiva [m]

Δp presiunea diferentiala a circuitului din zona [kPa]- calculata simplificat

β_D factorul de incarcare medie [-]

t_H timpul de functionare a incalzirii pe an [h/an]

f_{Sch} factor de corectie pentru reseaua de distributie [-]

f_{Abgl} factor de corectie pentru echilibrarea hidraulica [-]

$e_{d,e}$ factorul de energie distribuita pentru functionarea pompei de circulatie [-], calculata simplificat prin standard pentru functionare intermitenta

Rezultatele se refera la:

$W_{d,e}$	cererea totala de energie de pompare	[kWh/a]
$W_{d,e,M}$	cererea lunara de energie de pompare	[kWh/a]
$Q_{d,r,w}$	energia recuperata pe partea de agent termic de incalzire	[kWh/pasul de timp]
$Q_{d,r,a}$	energia recuperata din mediul ambiant	[kWh/pasul de timp]

1.9.4.1 Metoda de calcul

Pentru factorii de corectie definiti $f_V \cdot f_A$ cererea de energie poate fi exprimata doar depinzand de orele de incalzire pe pasul de timp si de factorul de incarcare medie pentru sistemul de distributie. Factorul de corectie pentru sistemul de distributie este necesar pentru a face distinctia intre sistemul mono si bifilar.

Deasemenea si factorul de distributie poate fi exprimat in functie de factorul de incarcare si tipul reglariei.

$$W_{d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot \beta_D \cdot t_H \cdot f_{Sch} \cdot f_{Abgl} \quad (1.65)$$

O aproximare pentru inaltimea de pompare in punctul de dimensionare poate fi facuta avand in vedere o pierdere specifica de presiune de 100Pa/m si o suplimentare a acesteia cu cca. 30%.

Ca variabile raman numai lungimea maxima a circuitului, pierderea de sarcina in circuitul de incalzire si in sistemul de productie.

$$\Delta p = 0,13 \cdot L_{max} + 2 + \Delta p_{FBH} + \Delta p_{WE} \quad (1.66)$$

Cu:

L_{max}	lungimea maxima a circuitului	[m]
Δp_{FBH}	Pierderea de sarcina aditionata pentru incalzirea prin pardoseala	[kPa]
Δp_{WE}	pierderea de sarcina la cazan	[kPa]

Se pot utiliza aproximatii pentru circuitul primar si secundar.

Daca nu exista date furnizate de catre producator se pot utiliza urmatoarele valori:

$\Delta p_{FBH} = 25$ kPa incluzand vane si distribuitorul

Δp_{WE} - a se consulta anexa II.1.E tabel E.2

Lungimea maxima a circuitului zonei poate fi aproximată ca:

$$L_{max} = 2(L + \frac{B}{2} + n_G \cdot h_G + l_c) \quad (1.67)$$

Cu:

L	lungimea circuitului	[m]
B	latimea zonei (partii din cladire)	[m]
n_G	numarul nivelelor incalzite de pe zona de calcul	[-]
h_G	inaltimea medie a nivelelor de pe zona de calcul	[-]
l_c	$=10$ pentru sistem bifilar $l_c = \frac{L+B}{2}$ pentru sistem monofilar	

1.9.4.2 Factori de corectie

1.9.4.2.1 Factor de corectie pentru sistemul de conducte f_{Sch}

- sistem bifilar: $f_{Sch} = 1$

- sistem monofilar: $f_{sch} = 8,6 \cdot \bar{m} + 0,7$

cu $\bar{m}$ debitul masic din corpul de incalzire in raport cu debitul total din circuit [%]

1.9.4.2.2 Factor de corectie privind echilibrarea hidraulica f_{Abgl}

$f_{Ab} = 1$ pentru sisteme echilibrate din punct de vedere hidraulic

$f_{Ab} = 1,25$ pentru sisteme dezechilibrate din punct de vedere hidraulic

1.9.5 Consumul de energie in cazul metodei simplificate

Factorul de pompare poate fi calculat cu o metoda simplificata asemanatoare celei aplicate in metoda detaliata si in aceleasi ipoteze. Aceste ipoteze se refera la:

- factorul de reglare $f_R, \frac{P_{pump,max}}{P_{pump}} = 1,11$ (a se vedea anexa II.1.E, figura E.4)
- factorul de corectie pentru stabilirea punctului de functionare $f_{Ausl} = 1,5$ (a se vedea figura E.2)
- factor de randament $f_e = f_\eta \cdot f_{Aust}$ si aproximarea curbei de randament de pompare

Astfel, consumul de energiei se calculeaza simplificat astfel:

$$e_{d,e} = f_e \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_D^{-1}) \quad (1.68)$$

cu C_P constanta (a se consulta tabelul E.3 anexa II.1.E)

f_e factor de randament dat de relatia:

$$f_e = (1,25 + \left(\frac{200}{P_{hydr}}\right)^{0,5}) \cdot 1,5 \cdot b \text{ pentru pompe care nu au caracteristici cunoscute (pentru cladiri}$$

noi $b=1$, pentru cladiri existente $b=2$ si P_{hydr} exprimata in W).

$$f_e = \frac{P_{pompe}}{P_{hydr}} \text{ pentru pompe cu caracteristici cunoscute}$$

Pentru cladirile existente o aproximare destul de buna pentru P_{pump} este aceea de a utiliza valoarea inregistrata pe eticheta pompei. Pentru situatia unor pompe nereglabile se va lua in considerare

inaltimea de pompare corespunzatoare punctului de functionare real.

1.9.6 Functionarea intermitentă a pompelor

În metoda simplificată factorul de timp în modul de utilizare cu debit maxim (boost) este presupus a fi 3%, astfel ca cererea de energie electrică este :

$$W_{d,e} = W_{d,hydr} \cdot e_{d,e} \cdot (\alpha_r + 0,6 \cdot \alpha_{seth} + \alpha_b) \quad (1.69)$$

Valoarea cuprinsă între paranteze reprezintă economia de energie realizată prin reglarea prin intermitență.

Factorul de funcționare în modul setat pe perioada de noapte este:

$$\alpha_{seth} = 1 - \alpha_r - \alpha_b \quad (1.70)$$

1.9.7 Metoda de calcul tabelară

1.9.7.1 Date de bază/rezultate

Datele de bază în metoda tabelară sunt cele enumerate mai jos și sunt parte din cele redată la metoda detaliată.

A	aria pardoselilor încălzite din zona de calcul [m ²]
	tipul sursei
	sistem monofilar sau bifilar
	modul de reglare al pompei

Rezultatele se referă la:

$W_{d,e}$	cererea totală de energie de pompare [kWh/a]
$W_{d,e,M}$	cererea lunară de energie de pompare [kWh/a]
$Q_{d,r,w}$	energia recuperată pe partea agentului termic de încălzire [kWh/pasul de timp]
$Q_{d,r,a}$	energia recuperată din mediul ambiant [kWh/pasul de timp]

Metoda tabelară combină toate ipotezele făcute în metoda simplificată și, în plus, în cazul sistemelor mai deosebite de încălzire oferă valori pentru necesarul de energie electrică în kWh/a.

În anexa II.1.F sunt prezentate valori orientative privind consumul auxiliar anual de energie electrică pentru sisteme de încălzire cu circulație prin pompare. Consumurile sunt estimate în funcție de aria suprafeței încălzite, de tipul cazanului, de tipul de funcționare a pompei și de alcătuirea sistemului de încălzire.

1.9.8 Energia recuperabilă

În timpul funcționării pompelor de circulație o parte din energia electrică este transformată în energie termică și transferată apei. O altă parte din energia termică este transferată (transmisă) mediului ambiant. Ambele fracțiuni energetice sunt recuperabile.

Energia recuperată din apă este:

$$Q_{d,r,w} = 0,25 \cdot W_{d,e} \quad [\text{kWh/a}] \quad (1.71)$$

Energia recuperată din aer este:

$$Q_{d,r,a} = 0,25 \cdot W_{d,e} \quad [\text{kWh/a}] \quad (1.72)$$

1.10 Calculul energiei primare și a emisiilor de CO₂

Calculul consumului de energie primară se face separat pentru fiecare tip de utilizator (încălzire, răcire, apă caldă de consum, iluminat, etc) și pentru fiecare tip de combustibil sau sursa energetică.

1.10.1. Energia primară

Pentru o perioadă determinată de timp (an, lună, săptămână), energia consumată de o clădire prin utilizarea unei anumite energii de tip $Q_{f,i}$, este dată de relația următoare:

$$Q_{f,i} = Q_{f,h,i} + Q_{f,v,i} + Q_{f,c,i} + Q_{f,w,i} + Q_{f,l,i} \quad [\text{kWh/a}] \quad (1.73)$$

unde termenii reprezintă energia consumată pentru: încălzire, ventilare, răcire, preparare apă caldă de consum și iluminat, calculată conform prezentei metodologii.

Energia primară se calculează, pe același interval de timp, pornind de la valoarea energiei consumată, astfel:

$$E_p = \Sigma (Q_{f,i} \times f_{p,i} + \Sigma W_h \times f_{p,i}) - \Sigma (Q_{ex,i} \times f_{pex,i}) \quad [\text{kWh/a}] \quad (1.74)$$

în care:

$Q_{f,i}$ consumul de energie utilizand energia i, în Joule (J; kWh/a);

W_h consumul auxiliar de energie pentru încălzirea spațiilor (J; kWh/a);

$f_{p,i}$ factorul de conversie în energie primară, având valori tabelate pentru fiecare tip de energie utilizată (termică, electrică, etc), conform tabel 1.12;

$Q_{ex,i}$ energia produsă la nivelul clădirii și exportată, (J; kWh/a);

$f_{pex,i}$ factorul de conversie în energie primară, care poate avea valori identice cu $f_{p,i}$

Tabel 1.12. Factori de conversie in energie primara

Combustibil	Factor de conversie
Lignit	1,3
Huila	1,2
Pacura	1,1
Gaz natural	1,1
Deseuri	1,05
Energie regenerative (lemn)	1,1
Energie electrica, cogen.	2,8

Notă - Consumul de energie primară poate fi mai mic sau mai mare decât consumul final de energie după cum sunt sau nu utilizate surse de energie regenerabilă.

1.10.1.1 Performanța energetică primară a instalațiilor de încălzire

Performanța unui sistem de încălzire este dată de relația următoare:

$$e = \frac{E_{p,h}}{Q_h} \quad [-] \quad (1.75)$$

în care

e = coeficientul de performanță energetică a sistemului de instalații;

$E_{p,h}$ = energia primară consumată de sistem, în J;

Q_h = necesarul de căldură pentru încălzire, în J;

1.10.2 Emisia de CO₂

Emisia de CO₂ se calculează similar cu energia primară utilizând un factor de transformare corespunzător:

$$E_{CO_2} = \Sigma (Q_{f,i} \times f_{CO_2,i} + \Sigma W_h \times f_{CO_2,i}) - \Sigma (Q_{ex,i} \times f_{CO_2ex,i})$$

unde f_{CO_2} , reprezintă factorul de emisie stabilit conform tabelelor 1.13 și 1.14.

Tabel 1.13. Emisii de CO₂ la utilizarea combustibililor convenționali

Combustibil	Factor emisie CO ₂ (kg/kWh) ¹	Factor emisie CO ₂ (kg/kWh) ²
Carbune	0,342	0,292
Combustibil lichid	0,270	0,270
Gas	0,205	0,194
Lemn	0,036	0,025
Termoficare	0,24	-

1) Valoare pentru cea mai mică P_{ci}

2) Valoare folosită în UK

Tabel 1.14. Emisia de CO₂ la utilizarea electricității

Electricitate	Factor emisie CO ₂ (kg/kWh) ¹
Medie anuală	0,09
Iarnă extremă	0,557
Încălzire	0,224

1) Valoare aplicată în Franța

În anexa II.1.G este prezentat un exemplu de calcul privind pierderile de căldură, randamentul și energia primară calculată în general pentru un subsistem al sistemului de încălzire.

CLASIFICAREA INSTALATIILOR DE INCALZIRE

NR. CRT.	CRITERIUL DE CLASIFICARE	TIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	SUBTIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	OBSERVATII /EXEMPLE
1.	natura agentului termic utilizat	apa calda, maxim 95°C	maxim 65°C	- inst. prin radiatie de joasa temp.
			maxim 95°C	- cu circulatie fortata - cu circulatie naturala
		apa fierbinte, maxim 150°C	maxim 115°C	- retele urbane
			maxim 150°C	- retele de termoficare
		abur saturat, maxim 6 bar si maxim 159°C	de joasa presiune, maxim 1,7ata si maxim 115,2°C	- inst. de inc. industriale, organizare santier
			de medie presiune, maxim 6 ata si maxim 159°C	- inst. de inc. industriale
		gaze de ardere	- tuburi radiante	- inst. de inc. industriale
		aer cald	- cu preparare locala	- cu agregate cu focar propriu, aeroterme sau dispozitive multifunctionale
			- cu preparare centralizata	- cu centrale de tratare a aerului
		alti agenti termici	- incalzirea utilizand corpuri de incalzire electrice	
			- incalzirea utilizand corpuri de incalzire cu ulei	
2.	clasa, destinatia si tipul cladirii incalzite	clasa de importanta a cladirii	- clasa I pentru cladiri de importanta vitala pentru societate	
			- clasa a II-a pentru cladiri de importanta deosebita	
			- clasa a III-a pentru cladiri de importanta normala	
			- clasa a IV-a pentru cladiri de importanta redusa	

NR. CRT.	CRITERIUL DE CLASIFICARE	TIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	SUBTIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	OBSERVATII /EXEMPLE
		destinatia cladirii	- cladiri rezidentiale	
			- cladiri tertiare	
			- cladiri industriale	
			- cladiri agro-zootehnice	
		tipul constructiv al cladirii rezidentiale	- unifamiliala	
			- multifamiliala de tip bloc	
			- multifamiliala de tip cladiri insiruite	
3.	proportia intre transferul termic prin radiatie si transferul termic prin convecție	incalzire preponderent convectiva (>50%)	- convectoare	
		incalzire preponderent radiativa (>50%)	- de temperatura joasa, cu temperatura elementului radiant de maxim 50°C	- cu apa calda (incalzire prin pardoseala, plafon sau panouri montate in pereti)
			- de temperatura medie, cu temperatura elementului radiant de maxim 100°C	- cu abur, apa fierbinte, gaze de ardere
			- de temperatura inalta, cu temperatura elementului radiant de maxim 3000°C	- cu gaze de ardere sau radianti electrici
		incalzire convecto-radiativa (~50-50%)	- sisteme de incalzire cu corpuri statice	- cu apa calda sau abur de joasa presiune
4.	tipul sistemului de asigurare a instalatiei de incalzire contra suprapresiunilor	cu vas de expansiune deschis		
		cu vas de expansiune inchis		
		doar cu supape de siguranta		
		sistem mixt		
5.	numarul de conducte utilizate la transportul agentului termic	sistem monotubular		
		sistem bitubular		
		sistem multitubular		- cazul instalatiilor de incalzire cu agent termic cu parametrii diferiti
6.	pozitia de amplasare a sursei de energie	in exteriorul cladirii incalzite	- la distanta mica de cladire	- CT, PT de cvartal
			- la distanta mare de cladire	- retele de termoficare, retele urbane
		in interiorul cladirii	- la subsolul cladirii incalzite	

NR. CRT.	CRITERIUL DE CLASIFICARE	TIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	SUBTIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	OBSERVATII /EXEMPLE
		incalzite	- la un etaj tehnic (intermediar)	
			- pe terasa/ultimul nivel al cladirii incalzite	
			- in interiorul incaperilor incalzite	- incalzire locala (cu sobe, semineuri, convectoare pe gaze naturale etc.)
7.	nivelul la care se realizeaza gestionarea energiei termice si reglarea parametrilor agentului termic	gestionare si reglare centrala	- contorizare si reglare la nivelul sursei	
		reglare centrala si gestionare locala	- reglare la nivelul sursei si contorizare la bransament(consumator)	
		reglare si gestionare locala	- reglare si gestionare la nivel de bransament(consumator)	
8.	tipul reglajului parametrilor agentului termic	reglaj calitativ	- variatia temperaturii	
		reglaj cantitativ	- variatia debitului	
		reglaj mixt	- variatia temperaturii si a debitului	
9.	vechimea instalatiei	instalatie veche (garantie expirata)	- mai putin de 3 ani	
			- mai putin de 10 ani, mai mult de 3 ani	
			- mai putin de 20 ani, mai mult de 10 ani	
			- peste 20 ani	
		instalatie noua (in garantie)		
		instalatie inexistentă fizic (proiectata)		
10.	tipul retelei de distributie	configuratie	- radiala	
			- arborescenta	
			- inelara	
			- perimetrala	
		amplasare fata de pozitia consumatorilor	- inferioara	
			- superioara	
			- mixta	
11.	natura energiei utilizate	energie conventionala; incalzire cu	- combustibili solizi (carbuni sau masa lemnoasa)	

NR. CRT.	CRITERIUL DE CLASIFICARE	TIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	SUBTIPUL INSTALATIEI DE INCALZIRE	OBSERVATII /EXEMPLE
		combustibili fosili	- gaze naturale	
			- combustibili lichizi (pacura, CLU, GPL)	
		energie electrica		- incalzire locala
		cogenerare	- furnizare en. electrica si en. termica	- CET, statii locale
		energie regenerabila	- energie solara	- sisteme de incalzire solara pasive sau active
			- energie geotermala	
			energie din biomasa	
		energie recuperabila	- energie recuperata din caldura reziduala (gaze de ardere, apa, aer la potential termic mai mare decat cel al agentului termic utilizat)	- cu recuperare interna, externa sau sisteme mixte
			- energie recuperata prin utilizarea pompelor de caldura (apa, aer, sol la potential termic mai scazut decat cel al agentului termic utilizat)	
12.	modul de asigurare a microclimatului	incalzire continua	- de confort	
			- tehnologica	
		incalzire discontinua	- conform unui program	
		incalzire de garda	- pe perioada de inocupare a spatiilor interioare	

Anexa II.1.B

În tabelul B1 și B2 sunt indicate valorile eficienței transmisiei de căldură, η_e , utilizate la determinarea pierderilor de căldură generate de distribuția neuniformă a temperaturii interioare. Valorile din tabelul B1 sunt valabile pentru încăperi cu înălțimea de maximum 4m și includ de asemenea efectul diferenței dintre temperatura aerului și temperatura medie de radiație. Valorile din tabelul B2 sunt valabile pentru încăperi cu înălțimi mai mari de 4m.

Tabel B1. Eficiența transmisiei de căldură, η_e , în funcție de tipul corpului de încălzire pentru încăperi cu înălțimea maximă de 4m

Tipul sistemului de încălzire	Necesarul mediu anual de căldură, în W/m ²			
	< 20	20-40	40-60	> 80
Radiator sub fereastră	0,97	0,96	0,93	0,90
Radiator lângă perete interior	0,94	0,94	0,93	0,93
Convector sub fereastră	0,93	0,93	0,89	0,86
Pardoseală radiantă	1,00	1,00	1,00	1,05*
Plafon radiant	0,96	0,96	0,96	1,01*
Încălzire cu aer cald	0,91	0,90	0,85	0,83

Nota 1: Valorile supraunitare apar în cazul sistemelor de încălzire caracterizate de o temperatură interioară a aerului mai scăzută care implică pierderi mai mici în urma procesului de ventilație.

Nota 2: Valorile din tabelul B1 sunt precizate cu titlu informativ în anexa A a proiectului de standard european prEN 15316/2.1 "Space heating emission systems".

Tabel B2. Eficiența transmisiei de căldură, η_e , pentru încăperi cu înălțimea mai mare de 4m

Înălțimea camerei	<5m		5-10m		>10m	
	A	B	A	B	A	B
Sistemul de transmisie a căldurii						
Încălzire prin radiație	0,95	0,90	0,94	0,89	0,93	0,88
Ventilo-convectoare	0,92	0,86	0,91	0,84	0,83	0,75
Încălzire cu aer cald (T<60°C)	0,90	0,84	0,85	0,77	0,80	0,70
Încălzire cu aer cald (T>60°C)	0,88	0,78	0,83	0,70	0,78	0,60

(A-spății ventilate; B-spății neventilate)

Eficiența reglării, η_c , are valorile din tabelul B3, în funcție de tipul corpurilor de încălzire și al dispozitivelor de reglare.

Tabelul B3. Eficiența sistemului de reglare, η_c în funcție de sistemul de transmisie a căldurii

Sistemul de reglare	Tipologie	Radiatoare și convectoare	Panouri radiante izolate de elementele de construcție	Panouri radiante încorporate în elementele de construcție
Reglare centralizată	$\eta_c = K - (0,6 \cdot g \cdot \gamma_u)$	$K = 1$	$K = 0,98$	$K = 0,94$
Reglare locală	Reglare tot-nimic (on-off) cu histerezis	0,94	0,92	0,88
	Reglare proporțională (banda proporțională 1°C)	0,98	0,96	0,92
	Reglare proporțională (banda proporțională 2°C)	0,96	0,94	0,90
Reglare locală + reglarea temperaturii agentului termic distribuit	Reglare tot-nimic (on-off) cu histerezis	0,97	0,95	0,93
	Reglare proporțională (banda proporțională 1°C)	0,99	0,98	0,96
	Reglare proporțională (banda proporțională 2°C)	0,98	0,97	0,95
Reglare zonală	Reglare tot-nimic (on-off) cu histerezis	0,93	0,91	0,87
	Reglare proporțională (banda proporțională 1°C)	0,97	0,96	0,92
	Reglare proporțională (banda proporțională 2°C)	0,95	0,93	0,89
Reglare zonală + reglarea temperaturii agentului termic distribuit	Reglare tot-nimic (on-off) cu histerezis	0,96	0,94	0,92
	Reglare proporțională (banda proporțională 1°C)	0,98	0,97	0,95
	Reglare proporțională (banda proporțională 2°C)	0,97	0,96	0,94
Valorile indicate sunt valabile pentru încăperi cu temperatura constantă sau pentru sisteme de încălzire setate în regimul de funcționare pe timp de noapte. În cazul încălzirii intermitente fără utilizarea unui dispozitiv de optimizare, valorile din tabel se micșorează cu 0,02. Dacă există dispozitiv de optimizare valorile indicate sunt valabile fără nici o modificare.				

Nota 2: Valorile din tabelele B1, B2, B3 sunt precizate cu titlu informativ în anexa A și B a proiectului de standard european prEN 15316/2.1 "Space heating emission systems".

C1. Factorul de performanță energetică conform DIN 4701-10

Tabelul C1 conține valorile factorului de performanță energetică pentru sistemul de transmisie a căldurii conform normelor germane. Se ține cont de procesul de reglare, tipul corpurilor de încălzire și tipul dispozitivelor de reglare. În același tabel sunt indicate pierderile de căldură suplimentare, pe m^2 ca urmare a procesului de transmisie a căldurii. Valorile indicate au fost calculate în ipoteza unei distribuții uniforme a temperaturii interioare și pentru un raport g, între aporturile termice (interioare și exterioare) și pierderile de căldură, de 0,5.

Tabel C1: Factorul de performanță energetică pentru reglarea transmisiei de căldură, conform DIN 4701-10

Sistemul de încălzire		Sistemul de reglare	Factorul de performanță energetică, $e_{c,e}$						Pierderi de căldură $q_{H,ce}$, în $kWh/m^2 an$
			Necesarul de căldură, $q_{h,H}$, în $kWh/m^2 an$						$kWh/m^2 an$
			40	50	60	70	80	90	
Încălzire cu apă caldă									
Radiatoare	pe perete exterior	Robinet termostatic pentru reglare proporțională cu banda de 2°C	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	3,3
		Idem, 1°C	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,1
		Reglare electronică	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,7
		Reglare electronică optimizată	1,01	1,01	1,01	1,01	1,0	1,0	0,4
	pe perete interior	Se adaugă la valorile precedente:	+0,03	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01	$q_{ce}+1,1$
Elemente de încălzire înglobate în elementele de construcție	Reglare on-off locală, banda de reglare 2°C	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	3,3	
	Reglare on-off locală, banda de reglare 0,5°C	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,1	
	Reglare electronică	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,7	
	Reglare electronică optimizată	1,01	1,01	1,01	1,01	1,0	1,0	0,4	
Încălzire electrică									
Radiatoare	Pe perete exte-rior, încălzire directă	Reglare locală	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,7
	Pe perete exte-rior, acumulare		1,11	1,09	1,07	1,06	1,06	1,05	4,4
	Pe perete interior	Se adaugă la valorile precedente:	+0,03	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01	$q_{ce}+1,1$

Ipoteze considerate la determinarea valorilor din tabelul C1:

- încălzirea este continuă, nu intermitentă;
- radiatoare: cu inerție mică, alimentate cu apă caldă având temperatura de maxim 75°C și o cădere de temperatură de 12-20K;
- încălzirea de pardoseală: montare uscată sau umedă, spațiul (încăperea) de sub pardoseală fiind încălzit(ă);
- încălzire electrică cu stocare de căldură.

C2. Factorul de performanță energetică conform VDI 2067-20

C2.1 Generalități

Factorul de performanță energetică este estimat din diagramele de la figurile C2.2 și C2.3. Corecțiile Δe_1 pentru factorii de influență neinclusi în diagramele de la C2.2 și C2.3 sunt date în C2.4.

Factorul de performanță energetică, e_1 , este dat ca funcție de factorul denumit „sarcină de încălzire relativă medie anuală”, β_Q , care se calculează astfel:

$$\beta_Q = \frac{Q_h}{t_{an} \cdot q_D} \quad (C2-1)$$

în care:

Q_h = căldura necesară pentru încălzirea clădirii, în J

t_{an} = 8670h

q_D = sarcina de încălzire nominală (de calcul), în W

Sarcina de încălzire relativă medie anuală include influența masei clădirii, nivelului de izolare și aporturilor interioare (mărimea ferestrelor, orientarea camerei, ocupanții etc.).

Valorile din diagrame sunt determinate pe baza calculării temperaturii operative (de confort) în centrul încăperii. Încăperea de referință utilizată în simulările numerice este un birou (4x5x2,7m) cu un perete exterior conținând o fereastră și înconjurat de alte încăperi cu aceeași temperatură interioară.

Diagramele sunt valabile doar pentru sisteme de încălzire cu radiatoare sau pardoseală radiantă. Se presupune că radiatoarele sunt instalate sub fereastră iar sistemul de pardoseală radiantă nu este însoțit de sisteme perimetrale de încălzire suplimentare.

Funcționarea sistemului

Factorii de performanță energetici din diagramele de la C2.2 și C2.3 sunt valabili pentru reglarea centralizată a temperaturii apei calde furnizate, funcție de temperatura exterioară. Pentru un sistem cu reglare automată locală, factorul de performanță energetică nu este influențat de sistemul de reglare centrală. Furnizarea apei calde cu temperatură constantă nu schimbă semnificativ valorile.

Sunt considerate 3 tipuri de reglare centralizată: încălzirea continuă timp de 24 de ore, funcționarea cu setare în regim „de noapte” și funcționarea în regim de noapte cu reîncălzire la putere maximă. Factorul de performanță energetică este întotdeauna mai mare pentru sistemul cu posibilitatea setării regimului de noapte decât sistemul cu funcționarea continuă 24 de ore, cauza fiind condițiile dinamice care implică o diferență suplimentară comparativ cu un sistem ideal de încălzire, fără

inerție termică. Totuși, considerând valorile absolute ale consumurilor anuale de căldură, se obțin valori mai mici pentru cazul sistemului cu posibilitatea setării regimului „de noapte”.

Reglarea locală

Pentru reglarea locală, diagramele pentru radiatoare ca și pentru pardoselile radiante indică valori pentru cazul reglatoarelor PI cu un senzor de temperatură montat pe perete. Corecțiile pentru o reglare de tip ON-OFF sunt indicate în C2.4 (tabelul C2.1).

Pentru o vană termostatică de radiator, banda proporțională va influența factorul de performanță energetică. Diagramele pentru radiatoare corespund unei bande proporționale de 2K. Corecțiile pentru benzi proporționale de 1K sau de 3K sunt indicate în C2.4 (tabelul C2.2). Histerezisul nu are nici o influență.

Pentru pardoselile radiante, diagramele prevăd valori și în cazul încăperilor fără sistem de reglare locală, existând doar un sistem central de reglare a temperaturii apei de încălzire. Dacă totuși sistemul central reglează temperatura medie de tur și retur funcție de temperatura exterioară, există un factor de corecție ale cărui valori sunt indicate în C2.4 (tabelul C2.3).

Reglarea debitului de apă caldă sau reglarea temperaturii apei calde pe tur nu influențează semnificativ pierderile de căldură.

Tipul corpului de încălzire

Diagramele acoperă două tipuri de corpuri de încălzire: radiatoarele (C2.2) și pardoselile radiante (C2.3). Radiatoarele sunt clasificate în grele (fontă, oțel etc.) și ușoare (panouri). Pardoselile radiante sunt clasificate în grele (înglobate în beton) și ușoare (panouri montate „uscat”, umplute cu apă).

Radiatoarele sunt dimensionate pentru apă caldă de joasă, medie sau înaltă temperatură (C2.4, tabelul C2.4). Factorii de performanță energetică indicați în diagrame pentru fiecare clasă de temperaturi sunt determinați pentru o diferență de temperatură tur-retur de 12-25K. Corecții pentru diferențe mai mici de 12K sau mari de 25K sunt precizate în C2.4 (tabelul C2.5).

Pardoselile radiante sunt dimensionate conform cu EN 1264. Cu un sistem de reglare Pi sau ON-OFF, efectul pasului dintre țevi și al temperaturii nominale a apei este nesemnificativ. Ipoteza în care sunt valabile diagramele este: acoperirea pardoselii radiante cu parchet din lemn ($0,05\text{m}^2\text{K/W}$). Corecțiile pentru alte tipuri de pardoseli (gresie, mochetă) sunt indicate în C2.4 (tabelul C2.6).

C.2.2 Factorul de performanță energetică pentru radiatoare

Diagramele C2.1-C2.3 indică valorile factorului de performanță energetică e_1 pentru radiatoare în cele 3 cazuri:

radiatoare cu funcționare continuă (C2.1), radiatoare cu regim de funcționare nocturnă (C2.2) și radiatoare cu regim de funcționare nocturnă și **reincalzire la putere maxima** (C2.3). Corecțiile pentru alte situații sunt indicate în C2.4.

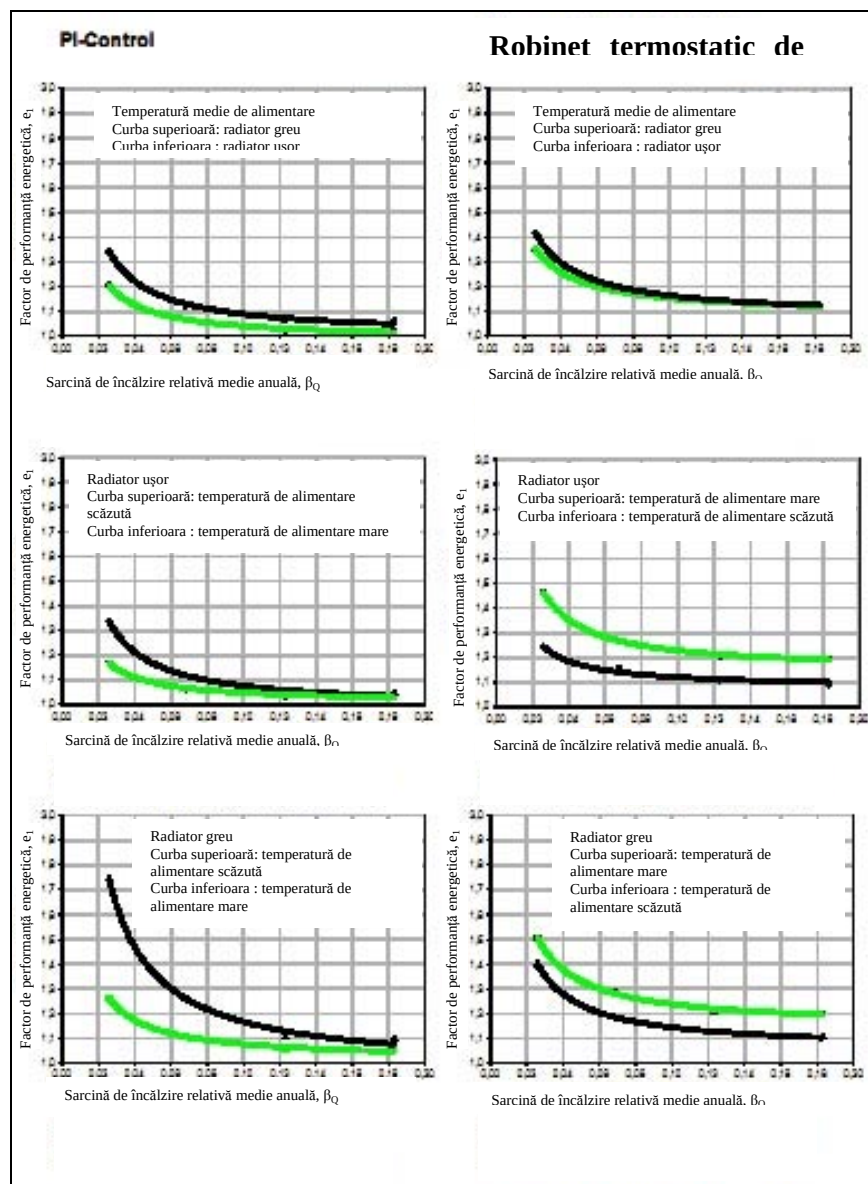


Figura C2.1: Radiatoare cu funcționare continuă

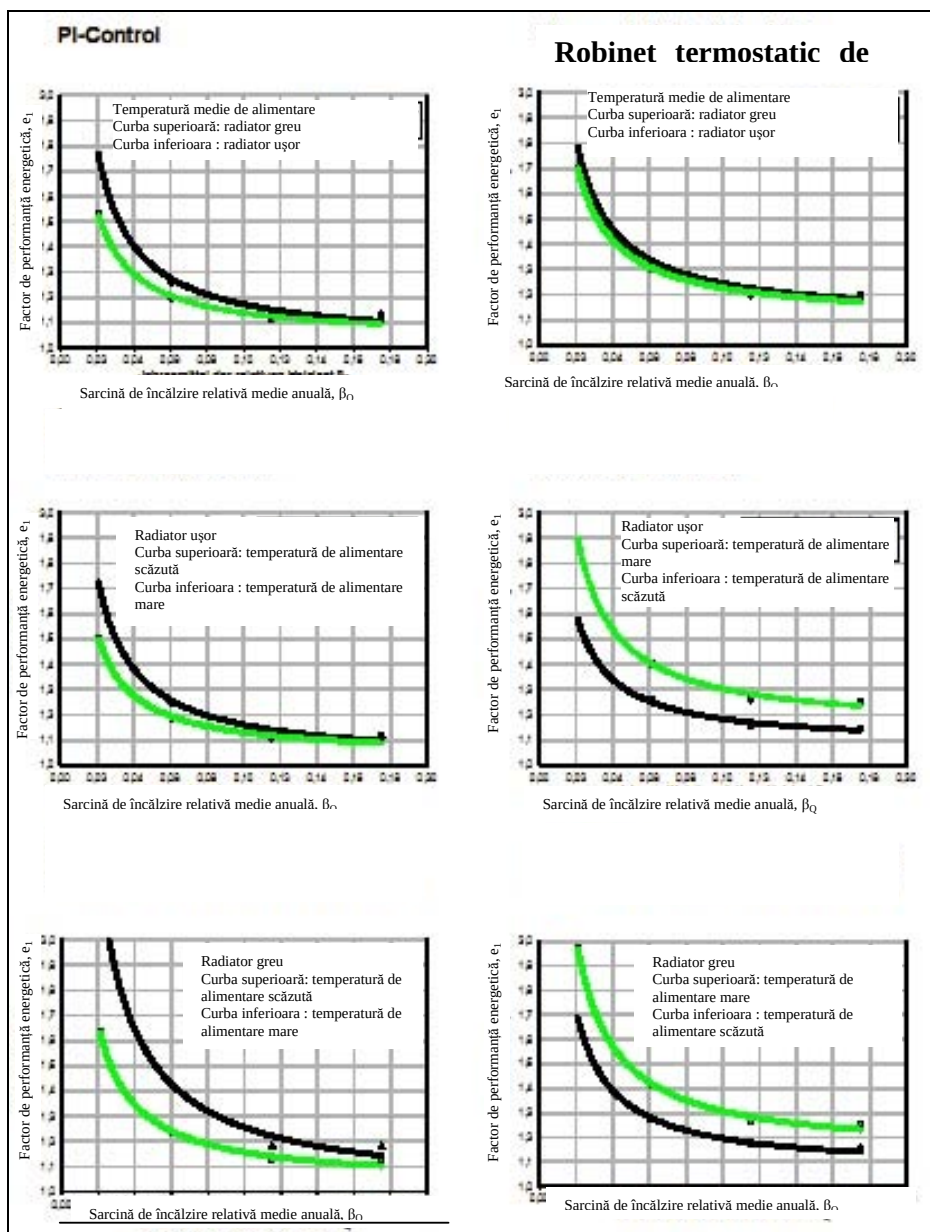


Figura C2.2: Radiatoare cu regim de funcționare nocturnă

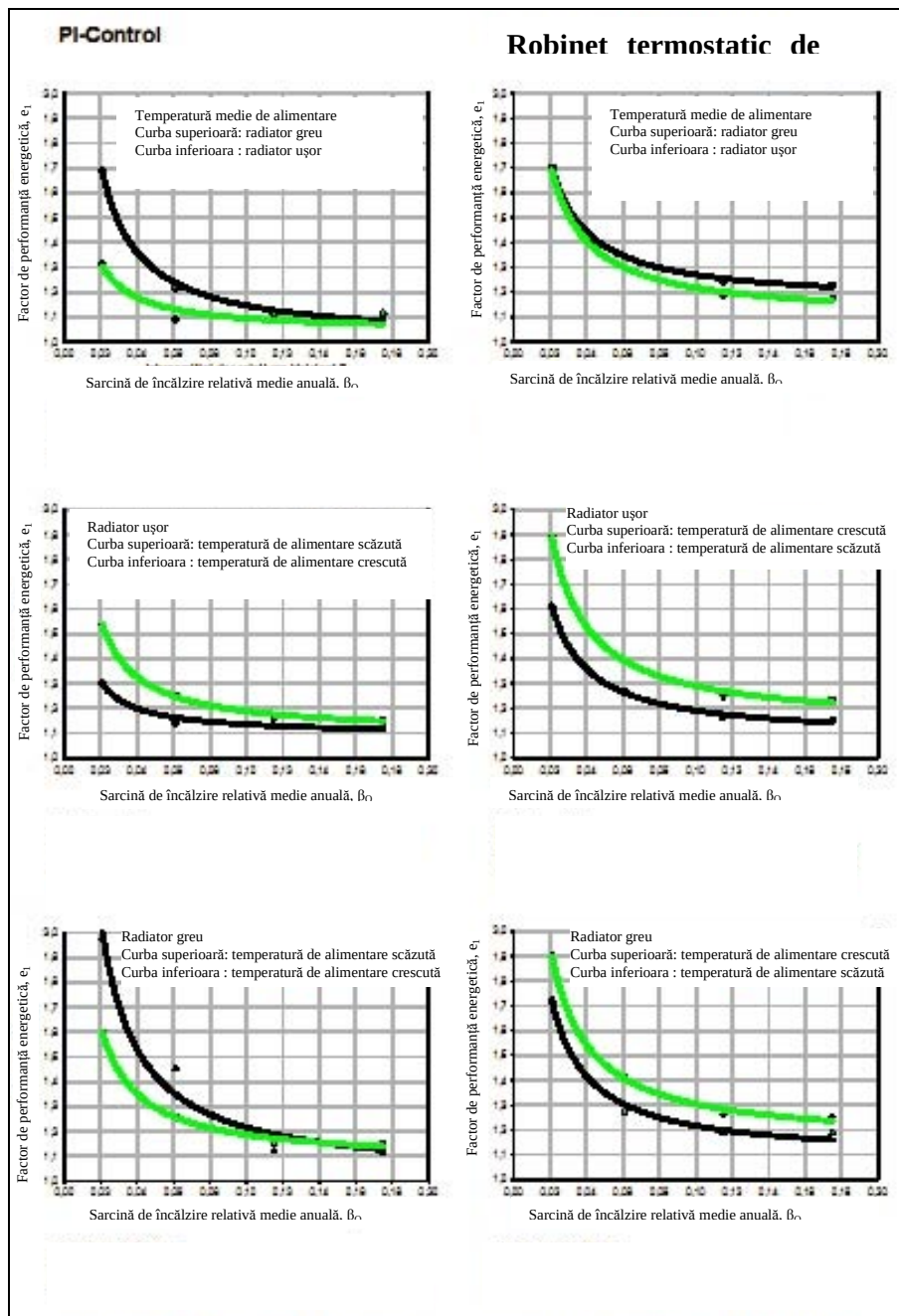


Figura C2.3: Radiatoare cu regim de funcționare nocturnă și **reîncalzire**

C2.3 Factorul de performanță energetică pentru pardoseli radiante

Diagramele C2.1-C2.3 indică valorile factorului de performanță energetică e_1 pentru pardoseli radiante. Corecțiile pentru alte situații sunt indicate în C2.4.

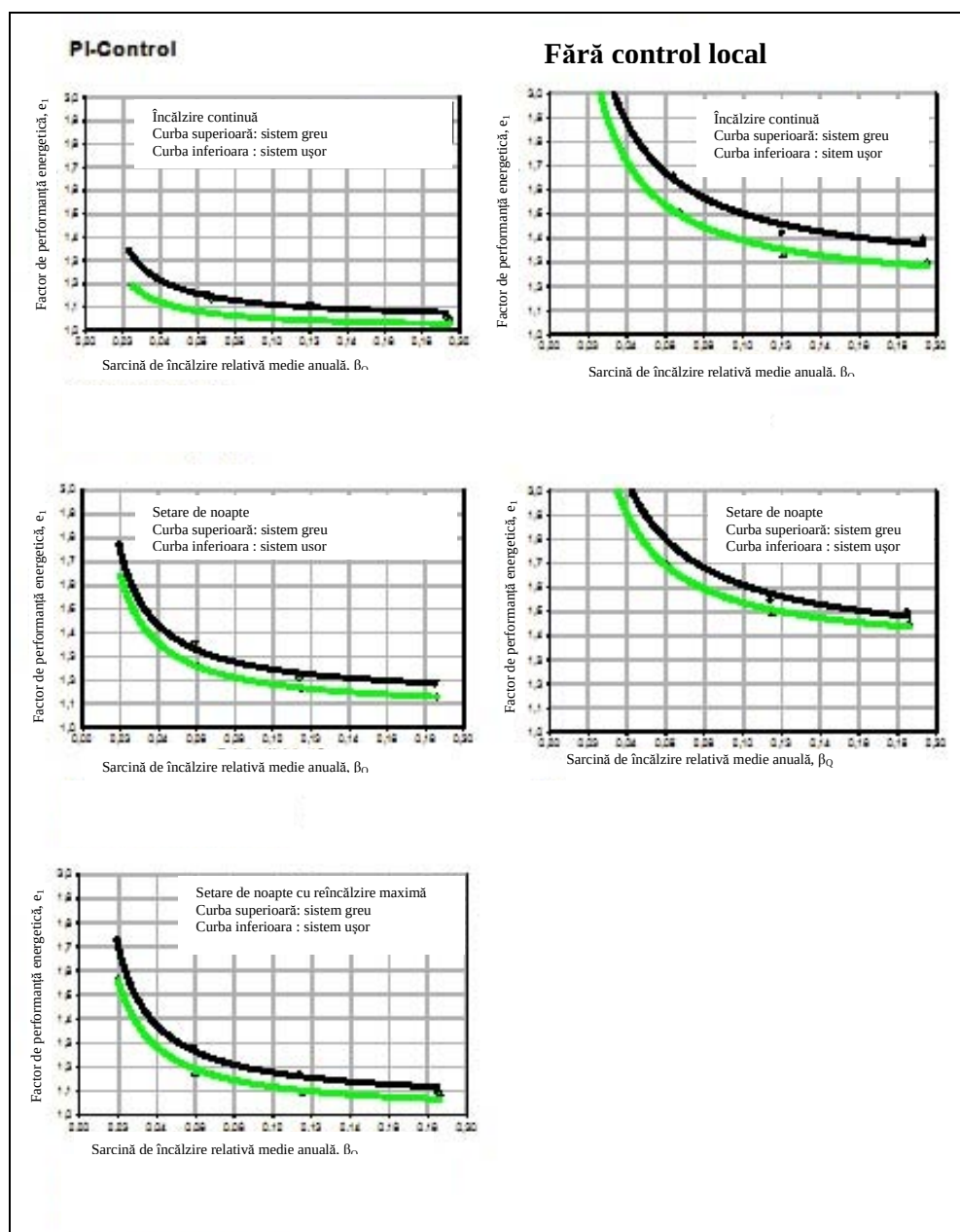


Figura C2.4: Factorul de performanță energetică pentru pardoseli radiante

C2.4 Corecția Δe_1 pentru cazurile neconsiderate în diagramele de la C2.2 și C2.3

Pentru reglarea locală, diagramele din figurile C2.2 și C2.3 corespund unui regulator de tip PI, senzorul de temperatură fiind montat pe perete. Corecțiile pentru reglarea de tip ON-OFF sunt indicate în tabelul C2.1

Tabelul C2.1: Corecția Δe_1 pentru reglarea locală de tip on-off

Reglare locală de tip:	Continuă	On-off
Corecția coeficientului de performanță energetică, Δe_1	+/-0,0	-0,03

Pentru radiatoare, diagramele din figura C2.2 corespund unui regulator având banda proporțională de 2K. În tabelul C.2.2 sunt indicate corecțiile pentru regulatoare având banda proporțională de 1K sau 3K.

Tabelul C2.2: Corecția Δe_1 funcție de valoarea benzii proporționale a vanei termostatică a radiatorului

Valoarea benzii proporționale a vanei termostatică a radiatorului	1 K	2 K	3 K
Corecția coeficientului de performanță energetică, Δe_1	-0,02	+/-0,0	+0,02

Pentru pardoselile radiante fără reglare locală, valorile indicate de diagrama C2.3 corespund unui reglaj central al temperaturii apei calde pe tur. Corecția corespunzătoare unui control central al temperaturii medii a apei calde pe tur și retur este precizată în tabelul C2.3.

Tabelul C2.3: Corecția Δe_1 funcție de valoarea medie de reglare centralizată a temperaturii apei

Pardoseală radiantă fără reglare locală	Reglare centralizată a temperaturii medii pe tur și retur
Corecția coeficientului de performanță energetică, Δe_1	+0,16

Tabelul C2.4 indică clasificarea radiatoarelor funcție de temperatura nominală a apei calde pe baza căreia s-au realizat diagramele de la C2.2.

Tabelul C2.4: Clasificarea radiatoarelor funcție de valoarea temperaturii de proiectare a apei

Clasificare	Valoarea temperaturii apei
Temperatură joasă	<50°C
Temperatură medie	51-70°C
Temperatură înaltă	71-90°C

Diagramele din C2.2 pentru radiatoare corespund unei căderi de temperatură în radiatoare (tur-retur) de 12...25K. Corecțiile pentru radiatoare caracterizate de căderi de temperatură mai mici de 12K sau mari de 25K sunt cuprinse în tabelul C2.5.

Tabelul C2.5: Corecția Δe_1 pentru radiatoare funcție de diferența tur-retur a temperaturilor apei de încălzire (valori unitare pentru diferențe între 12-25°C)

Radiatoare		Reglare locală	
Diferența tur-retur a temperaturilor apei de încălzire	Funcționare	Reglare tip PI	Vană termostatică
< 11°C	Continuă	-0,04	+0,03
	Regim noapte	-0,03	+0,04
	Reîncălzire	-0,02	+0,06
> 26°C	Continuă	+0,02	-0,03
	Regim noapte	+0,02	-0,03
	Reîncălzire	+0,02	-0,03

Tabelul C2.6 conține corecțiile care intervin în cazul pardoselilor radiante cu o suprafață finită diferită de parchet din lemn (0,05m²K/W).

Tabelul C2.6: Corecția Δe_1 funcție de tipul de pardoseală

Tipul pardoselii radiante	Gresie	Parchet	Mochetă
Corecția coeficientului de performanță energetică, Δe_1	+/-0,0	+/-0,0	+0,02

Anexa II.1.D

Calculul tabelar al pierderilor de caldura anuale ale sistemului de distributie a caldurii (prEN 15316/2.3)

Calculul tabelar se bazeaza pe urmatoarele ipoteze:

- incarcarea medie a sistemului de distributie $\beta = 0,4$
- numarul annual de ore de incalzire = 5000
- lungimea zonei depinde de suprafata incalzita, astfel: $L = 11,4 + 0,0059 \cdot A_N$
- latimea zonei depinde de suprafata incalzita, astfel: $B = 2,72 \cdot \ln(A_N) + 6,62$
- numarul de niveluri a zonei: $n_G = A_N / (L \cdot B)$
- A – aria zonei [m2]
- Valoarea U pentru partea orizontala a distributiei in spatii neincalzite, $U = 0,2 \text{ W/mK}$
- Valoarea U pentru coloane si racorduri in spatii incalzite, $U = 0,255 \text{ W/mK}$
- Coloanele sunt in interiorul zonei
- Distributia este bitubulara

Tabel D.1 Pierderi de caldura anuale ale sistemelor de distributie

	Pierderi de caldura anuale (5000 ore incalzire) la temperatura de calcul [kWh/an]							
Suprafata incalzita	90/70 °C		70/55 °C		55/45 °C		35/28 °C	
A [m2]	Sp.nein $Q_{d,u}$	Sp.inc $Q_{d,r}$	Sp.nein $Q_{d,u}$	Sp.inc $Q_{d,r}$	Sp.nein $Q_{d,u}$	Sp.inc $Q_{d,r}$	Sp.nein $Q_{d,u}$	Sp.inc $Q_{d,r}$
100	1133	2375	865	1681	674	1187	388	446
150	1265	3562	966	2522	753	1781	433	669
200	1383	4749	1056	3363	823	2375	473	893
300	1592	7124	1216	5044	948	3562	545	1339
400	1783	9499	1362	6726	1061	4749	611	1785
500	1964	11873	1499	8407	1169	5937	672	2231
600	2138	14248	1632	10088	1272	7124	732	2678
700	2308	16623	1762	11770	1373	8311	790	3124
800	2475	18998	1890	13451	1473	9499	847	3570
900	2641	21372	2016	15133	1572	10686	904	4016
1000	2805	23747	2142	16814	1669	11873	961	4463

Obs. Pentru un numar de ore de incalzire diferit de 5000, valorile se corecteaza cu un factor: $f = \text{Nr. ore} / 5000$

Anexa II.1.E

Factori de corecție pentru calculul sarcinii hidrodinamice
(prEN 15316/2.3, anexa B)

1. Factorul de corecție pentru corelarea temperaturii agentului termic în funcție de variația temperaturii exterioare f_V

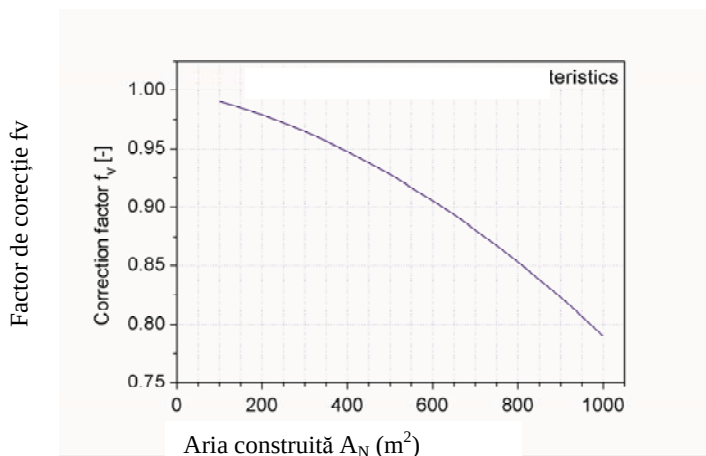


Figura E.1. Factorul de corecție f_v

pentru sistemele cu posibilitate de corelare a temperaturii agentului termic în funcție de variația temperaturii exterioare: $f_v = 1$

pentru sisteme fără posibilitate de corelare a temperaturii agentului termic în funcție de variația temperaturii exterioare (adică temperatura constantă a agentului termic) sau temperatura mai ridicată decât cea necesară, a se vedea fig. E.1.

2. Factorul de corecție corespunzător sistemului de conducte f_{Sch}

$f_{Sch} = 1$ pentru sistem de conducte bitubular cu distribuție orizontală pe fiecare nivel

f_{Sch} a se consulta tabelul E.1 pentru alte tipuri de configurații inclusiv cele „în forma de stea”.

Pentru sistem monofilar factorul de corecție este dat de:

$$f_{Sch} = 8,6 \cdot \overline{m} + 0,7$$

cu $\overline{m}$ raportul între debitul de agent termic din corpul de încălzire în raport cu debitul total din circuit [%]

3. Factor de corecție pentru dimensionarea suprafețelor de încălzire f_A

$f_A = 1$ pentru dimensionare în funcție de sarcina termică calculată (necesarul termic)

$f_A = 0,96$ în cazul unei supradimensionări a suprafețelor de încălzire

4. Factor de corecție pentru echilibrarea hidraulică a sistemului de distribuție a căldurii f_{Ab}

$f_{Ab} = 1$ pentru sisteme echilibrate din punct de vedere hidraulic
 $f_{Ab} = 1,25$ pentru sisteme ne-echilibrate din punct de vedere hidraulic

5. Factorul de pierderi

Pentru a lua in considerare functionarea sistemului la sarcini partiale si reglarea functionarii sistemului in scopul optimizarii performantelor sistemului de pompare a agentului termic se aplica urmatoarea relatie

$$e_{d,e} = f_{\eta} \cdot f_{TL} \cdot f_{Aust} \cdot f_R$$

unde

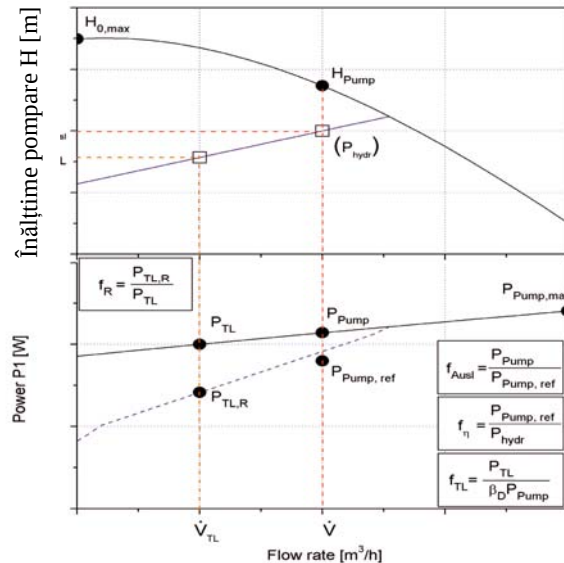
f_{η} factor de corectie al randamentului [-]

f_{TL} factor de corectie pentru sarcina partiala [-]

f_{Aust} factor de corectie pentru alegerea punctului de functionare [-]

f_R factor de corectie pentru reglarea furnizarii caldurii [-]

Cu acesti 4 factori, factorul de pierderi ia in considerare cele mai importante influente asupra necesarului de energie -dimenisiunile conductelor de transport, randamentul pompei, sarcina partiala si



posibilitatea reglării furnizării caldurii (figura E.2).

Figura E.2. Corelatia dintre factorii de corectie

5.1 Factorul de corectie al randamentului f_{η}

Factorul de corectie pentru randament este dat de relatia intre valoarea puterii de referinta in punctul

de functionare si pierderea de sarcina calculata in regimul nominal.

$$f_{\eta} = \frac{P_{pumpe,ref}}{P_{hydr}}$$

Puterea de referinta se calculeaza prin relatia liniarizata:

$$P_{pumpe,ref} = P_{hydr} \cdot \left(1,25 + \left(\frac{200}{P_{hydr}} \right)^{0,5} \right)$$

5.2 Factorul de corectie pentru sarcini partiale f_{TL}

Acest factor ia in considerare imposibilitatea reglarii functionarii pompei adica modificarea randamentului la sarcini partiale.

Figura E.3 arata ca factorul de corectie pentru sarcini partiale de functionare depinde de sarcina medie in sistemul de distributie.

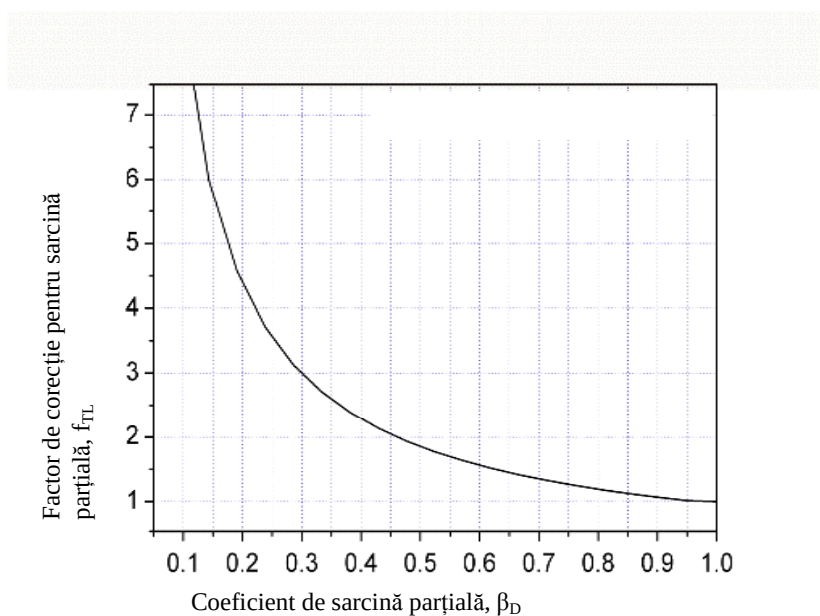


Figura E.3. Factor de corectie pentru sarcini partiale

5.3. Factorul de corecție pentru alegerea punctului de funcționare, f_{Ausl}

Factorul de corecție ia în considerare valoarea puterii pompei reale. Abaterea față de puterea de referință a pompei se calculează astfel:

$$f_{Ausl} = \frac{P_{pump}}{P_{pump,ref}}$$

unde

P_{pump} puterea reală a pompei [W]
 $P_{pump,ref}$ puterea de referință [W]

5.4 Factor de corecție pentru reglarea pompei f_R

$\hat{k} = 1$ - pompe nereglabile

$\hat{k}$ - pompe cu turație variabilă (a se vedea figura E.4)

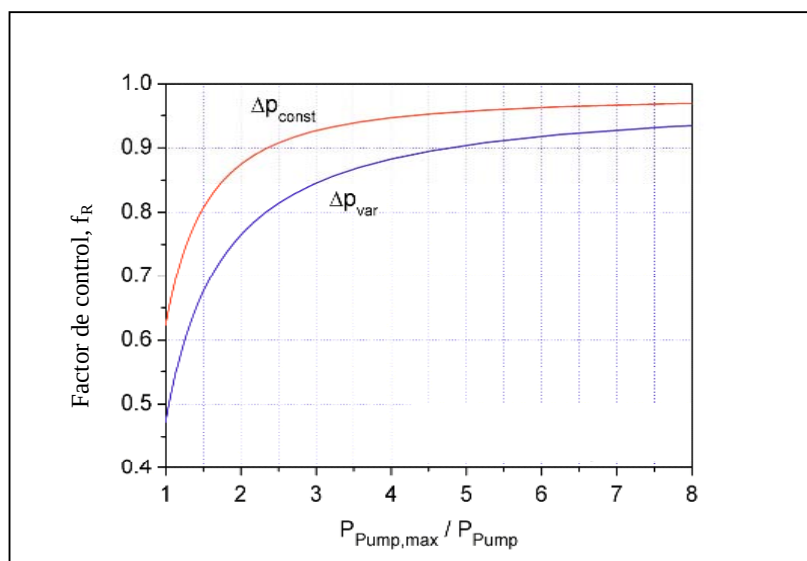


Figura E.4. Factor de corecție pentru pompe cu turație variabilă

6. Funcționarea cu intermitență a pompelor

În furnizarea cu intermitență a căldurii există trei moduri de funcționare (figura E.5):

- funcționare la debit minim (set back mode)
- funcționare la debit maxim (boost mode)

- mod de funcționare normal

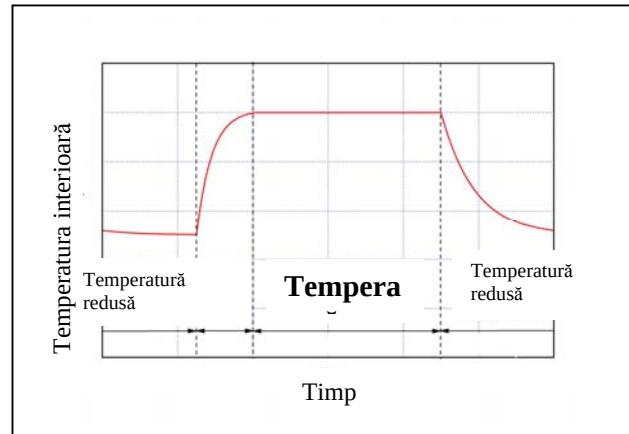


Figura E.5. Funcționarea cu intermitență

Necesarul de energie electrica pentru cele trei moduri de funcționare este data de suma energiilor pe fiecare fază de funcționare:

$$W_{d,e} = W_{d,e,reg} + W_{d,e,sest} + W_{d,e,boost}$$

In modul de funcționare normal, reglarea prin intermitență este pusă in evidență printr-un factor de timp:

$$W_{d,e,reg} = \alpha_r \cdot W_{d,hydr} \cdot e_{d,e}$$

In modul de funcționare cu debit minim (set back) este necesar a se distinge intre:

- modul „oprit”

In acest mod de funcționare cererea de energie este nulă.

$$W_{d,e,sest} = 0$$

- setarea temperaturii agentului termic și viteza minima a pompei

Când pompa funcționează cu viteza minima puterea este aproape o valoare constantă si se presupune că:

$$P_{pump,sest} = 0,3 \cdot P_{pump,max}$$

Energia electrică in acest mod este:

$$W_{d,e,sest} = \alpha_{sest} \cdot \frac{P_{pump,sest}}{1000} t_H$$

- setarea temperaturii agentului termic

În cazul existenței robinetelor termostactice la corpurile de încălzire acestea vor acționa în sensul creșterii debitului pentru compensarea unei temperaturi mai scăzute. Cererea de energie la debit minim (pentru modul set back) poate fi calculată ca pentru modul normal de funcționare. Factorul de corecție pentru reglarea pompei este (figura E.4) $f_R = 1$ pentru cazul în care reglarea se face în buclă închisă (temperatura interioară este setată la o valoare constantă).

Cât timp pompa lucrează în modul cu debit maxim (boost), puterea pompei P_{boost} este egală cu puterea pompei în regimul de calcul P_{pump} .

Cererea de energie electrică în modul cu debit maxim (boost) este luată în considerare de factorul α_b care depinde de timpul de funcționare în acest mod din perioada de încălzire. Cererea de energie electrică este:

$$W_{d.e.\text{boost}} = \alpha_b \cdot \frac{P_{\text{pump,boost}}}{1000} \cdot t_H$$

Factorii de timp se calculează cu relațiile ce iau în calcul perioadele de funcționare în modurile respective:

- factorul α_r corespundent modului normal de funcționare pe o perioadă de timp t_r ca număr de ore din timpul t_p (perioada de timp poate fi zi, săptămâna, luna din an):

$$\alpha_r = \frac{t_r}{t_p}$$

- factorul de funcționare cu debit maxim (boost) α_b este în funcție de numărul de ore de funcționare în acest mod din perioada totală de încălzire

- $$\alpha_b = \frac{t_{\text{boost}}}{t_p}$$

Factorul α_{seth} reprezintă atunci diferența:

$$\alpha_{\text{seth}} = 1 - \alpha_r - \alpha_b$$

7. Aproximații aplicate metodei de calcul

În anumite situații se acceptă anumite aproximări pentru sistemul de conducte sau de armături:

a) Sistem monofilar

Debitul total în circuitul de încălzire și al pompei este constant. Pompa lucrează tot timpul în regim nominal. Factorul de sarcină parțială este $\beta_D = 1$.

b) Existența robinetelor de limitare a debitului

Aceste robinete sunt utilizate pentru asigurarea unui debit minim la sursă sau o diferență de presiune de valoare maximă pe consumator. Funcționarea robinetului este dictată de pierderea de sarcină din sistem, caracteristicile pompei și modul în care este setat (programat) robinetul.

$$\beta_D = \beta'_D + (1 - \beta'_D) \cdot \frac{\dot{V}_{\text{min}}}{\dot{V}}$$

cu $\dot{V}$ debitul volumic nominal [m³/h]

$V_{\min}$ debitul minim volumic [m³/h]

Debitul minim este luat in considerare din cerințele sursei (cazanului) sau de pierderea maxima de sarcina la consumator.

8. Necesarul lunar de energie

Metoda detaliată de calcul ca și metoda simplificată se bazează pe necesarul anual de energie. Atunci când se cere calculul necesarului lunar se utilizează relația următoare:

$$W_{d,e,M} = W_{d,e,Y} \cdot \frac{\beta_{D,M} \cdot t_{H,M}}{\beta_{D,Y} \cdot t_{H,Y}}$$

cu factorul de încărcare mediu lunar $\beta_{D,M}$ si cel anual $\beta_{D,Y}$ și timpii de funcționare ai încălzirii corespunzători. Calculul lui β_D este prezentat in capitolul 7.8.

Tabel E.1. Factor de corecție pentru forma rețelei de distribuție, sistem bitubular, f_{sch}

Forma rețelei	Caze individuale	Apartamente
Rețea inelară	1,0	1,0
Coloane	0,93	0,92
Radială	0,98	0,98

Tabel E.2. Pierderi de sarcină pentru cazane

Tip cazan	Δp_{WE} (kPa)
Cazan standard	1
Cazan mural	20
Cazan în condensatie	20

Tabel E.3. Constanta C_p pentru calculul factorului de consum energetic al pompelor (metoda simplificată)

Funcționare	C_{p1}	C_{p2}
Fără reglaj	0,25	0,75
Δp_{const}	0,75	0,25
$\Delta p_{varianil}$	0,90	0,10

Anexa II.1.F.

Consumul auxiliar anual de energie [kWh/an] pentru 5000 ore de încălzire						
A[m2]	Cazane cu volum de apă standard			Cazane cu volum redus de apă		
	Sistem bitubular cu corpuri statice					
	pompe fără reglaj	Δp _{constant}	Δp _{variabil}	pompe fără reglaj	Δp _{constant}	Δp _{variabil}
100	99	64	53	105	68	57
150	126	82	68	151	98	82
200	151	98	82	206	134	112
300	196	127	106	349	226	189
400	238	154	129	544	352	294
500	278	180	150	799	517	432
600	316	205	171	915	592	495
700	354	229	192	1021	661	553
800	391	253	211	1125	728	609
900	427	276	231	1226	794	664
1000	463	299	250	1326	858	718
A[m2]	Incalzire prin pardoseala cu sistem bitubular					
	pompe fără reglaj	Δp _{constant}	Δp _{variabil}	pompe fără reglaj	Δp _{constant}	Δp _{variabil}
100	193	125	105	198	128	107
150	246	159	133	263	170	142
200	294	190	159	333	215	180
300	379	245	205	497	322	269
400	458	296	248	709	459	384
500	532	344	288	979	634	530
600	602	390	326	1122	726	607
700	671	434	363	1254	812	679
800	738	477	399	1384	895	749
900	803	520	435	1510	977	817
1000	867	561	469	1635	1058	885
A[m2]	Sistem monotubular cu corpuri statice					
	pompe fără reglaj	Δp _{constant}	Δp _{variabil}	pompe fără reglaj	Δp _{constant}	Δp _{variabil}
100	109	-	-	115	-	-
150	141	-	-	164	-	-
200	170	-	-	222	-	-
300	224	-	-	369	-	-
400	274	-	-	568	-	-
500	323	-	-	827	-	-
600	370	-	-	950	-	-
700	417	-	-	1063	-	-
800	463	-	-	1174	-	-
900	509	-	-	1283	-	-
1000	554	-	-	1390	-	-

A – suprafata incalzita

* Valorile sunt conform prEN 15316-2.3/Anexa A

Anexa II.1.G

Exemplu de calcul pentru un subsistem (subsistemul de transmisie a căldurii), conform prEN 15316-1/Anexa A

1 Generalități

Necesarul de căldură pentru transmisia căldurii realizată de consumator (corpurile de încălzire) include pierderile suplimentare de căldură cauzate de următorii factori:

- o distribuția neuniformă a temperaturii interioare în fiecare zonă termică (exemple: stratificarea termică a aerului, corpuri de încălzire montate de-a lungul pereților/ferestrelor);
- o dispozitive de încălzire înglobate în ementele de construcție exterioare;
- o strategia de reglare (locală, centralizată etc.).

Influența acestor factori asupra necesarului de căldură depinde de:

- o tipul corpului de încălzire;
- o tipul strategiei de reglare a temperaturii încăperii/zonelor și dispozitivele utilizate (vană termostatică, regulator P, PI sau PID) și capacitatea acestora de a reduce oscilațiile;
- o amplasarea elementelor de încălzire înglobate în pereții exteriori.

Pentru a respecta structura generală a calculului pierderilor de căldură, trebuie determinată performanța sistemului de transmisie ținând cont de:

- o tipul sistemului de încălzire;
- o tipul sistemului de reglare (regulator cu sau fără optimizare);
- o caracteristicile dispozitivelor de încălzire încorporate în elementele de construcție.

Pe baza acestor date, se determină:

- o pierderile de căldură ale sistemului de transmisie;
- o consumul auxiliar de energie;
- o pierderile recuperabile de căldură.

Figura 1 ilustrează mărimile necesare realizării calculului (INTRARI, INPUTuri) și mărimile calculate (IEȘIRI, OUTPUTuri) pentru un sistem oarecare x.

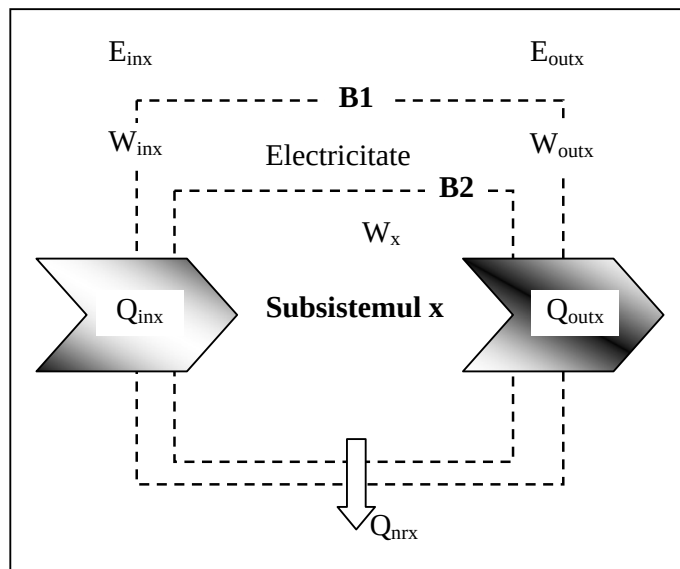


Figura G.1 – Subsistemul x

Legendă:

B1, B2	-limitele posibile ale subsistemului pentru un bilanț energetic
E	-energia primară
Q	-căldura
W	-energia electrică
W_x	-consumul net de energie electrică al subsistemului
in	-intrare de energie (INPUT)
out	-consum de energie (OUTPUT)
nr	-pierderi de căldură nerecuperate
x	-se înlocuiește cu e pentru consumator (emisie, transmisie)
d pentru distribuție	
	s pentru stocare
	g pentru sursă (generare)
	z pentru alte situații.

Conversia unui consum în energie primară se face pe baza formulei:

$$E = Q \cdot f_h + W \cdot f_w \quad (1)$$

în care f_h și f_w sunt factorii de conversie în energie primară a consumului de căldură, respectiv de electricitate (valori uzuale: $f_h \approx 1$, $f_w \approx 2-3$).

2 Bilanțul energetic al unui subsistem

Bilanțul energetic al unui subsistem se bazează pe relația:

$$Q_{outx} + Q_{nrx} = Q_{inx} + W_x \quad (2)$$

Notă:

Nu se introduce factorul de conversie în energie primară în această ecuație.

3 Eficiența energetică primară a unui subsistem; abordare globală

B1 este granița energetică a sistemului descris ca un lanț de subsisteme, pentru care produsul eficiențelor subsistemelor este egal cu eficiența întregului sistem. Astfel, eficiența energetică primară η'_x a fiecărui subsistem x este definită prin:

$$\eta'_x = \frac{E_{outx}}{E_{inx}} = \frac{f_h \cdot Q_{outx} + f_w \cdot W_{outx}}{f_h \cdot Q_{inx} + f_w \cdot W_{inx} + f_h \cdot Q_{nrx}} \quad (3)$$

Această abordare prezintă dezavantajul că eficiența unui subsistem depinde și de energia electrică utilizată de următoarele subsisteme. Calculul realizat în acest mod implică o eficiență de 100% a transferului de energie electrică către următorul subsistem.

4 Eficiența energetică primară a unui subsistem; abordare individuală

B2 este granița energetică individuală a subsistemului. Corespunzător acestei granițe, eficiența energetică primară este definită astfel:

$$\eta_x'' = \frac{f_h \cdot Q_{outx}}{f_h \cdot Q_{inx} + f_w \cdot W_{inx}} \quad (4)$$

Această abordare prezintă avantajul că eficiența unui subsistem nu depinde și de performanța celorlalte subsisteme. Totuși, în acest caz produsul eficiențelor subsistemelor nu mai este egal cu eficiența globală a întregului sistem. Eficiența globală se va determina pe baza însumării pierderilor de căldură și a intrărilor de energie.

5 Factorul de utilizare energetică a unui subsistem

Altă modalitate de a exprima performanța energetică a unui subsistem este de a calcula factorul de utilizare a energiei, e_h , ca raport între căldura cheltuită de subsistem și căldura furnizată:

$$e_h = \frac{Q_{inx}}{Q_{outx}} \quad (5)$$

Dacă se cunosc valorile acestui coeficient, ecuația 5 se poate utiliza la determinarea pierderilor suplimentare de căldură sau a celor nerecuperate caracteristice subsistemului:

$$Q_{nrx} = Q_{inx} - Q_{outx} = (e_h - 1) \cdot Q_{outx} \quad (6)$$

6 Alți factori de performanță ai unui subsistem

În cazul calculelor aferente unui sistem de încălzire special se pot utiliza alți factori de performanță specifici metodei generale de calcul.

De regulă se cunoaște valoarea căldurii furnizate de subsistem, Q_{outx} , fiind necesară calcularea lui Q_{inx} și a consumului net de energie electrică, W_x .

Dacă 2 din cele 3 mărimi Q_{inx} , W_x și Q_{nrx} sunt determinate, cea de-a treia valoare se poate calcula aplicând bilanțul energetic dat de ecuația A2. De obicei toate aceste valori sunt proporționale cu Q_{outx} .

De aceea valorile tabelate necesare pentru un subsistem se regăsesc printre următoarele rapoarte (sau inversele lor):

$$\eta_{hx} = \frac{Q_{outx}}{Q_{inx}} \quad I_{hx} = \frac{Q_{nrx}}{Q_{outx}} \quad I_{wx} = \frac{W_x}{Q_{outx}} \quad (7)$$

Exemplu de formular de calcul pentru determinarea energiei consumate pentru încălzire și prepararea a.c.c.

			ÎNCĂLZIRE			PREPARAREA A.C.C.		
			A	B	C	D	E	F
	Necesar		Necesar căldură			Necesar a.c.c.		
Q_x		kWh/periodă	100			20		
	Pierderile sistemului		Pierderi de căldură, $Q_{h,x}$	Energie auxiliară, W_x	Pierderi recuperabile, Q_{rhh}	Pierderi de căldură, $Q_{w,x}$	Energie auxiliară, W_x	Pierderi recuperabile, Q_{rwh}
S _{le}	Pierderile la consumator, Q_{he}	kWh/periodă	10	2	2	0	0	0
I _e	Energie consumată la transmisie, $Q_x + S_{le}$	kWh/periodă	110	2	2	20	0	0
S _{ld}	Pierderi la distribuție, Q_{hd}	kWh/periodă	15	4	10	10	2	5
I _d	Energie consumată la distribuție, $I_e + S_{ld}$	kWh/periodă	125	6	12	30	2	5
S _{ls}	Pierderi la stocare, Q_{hs}	kWh/periodă	-	0	0	10	1	6
I _s	Energie consumată la stocare, $I_d + S_{ls}$	kWh/periodă	125	6	12	40	3	11
S _{lg}	Pierderi la sursă, Q_{hg}	kWh/periodă	25	1	16	0	0	0
I _g	Energie consumată la sursa, $I_s + S_{lg}$	kWh/periodă	150	7	28	40	3	11
			↓ Necesar net de căldură	←	↓ Pierderi de căldură recuperate	+		↓ Pierderi de căldură recuperate
			kWh/periodă					
			133		14			3

	Energie finală		$Q_{f,h}$	W_h	Energie totală pentru încălzire	$Q_{f,w}$	W_w	Energie totală pentru a.c.c.
Q	Căldură /energie	kWh/periodă	133	7	140	40	3	43
f	Factor conversie energie primară	-	1	3	-	3	3	-
E	Energie primară, $Q \cdot f$	kWh/periodă	133	21	154	120	9	129
	Coeficient performanță, $e=E/Q$	-			1,54			6,45

II.2 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE SI AL EFICIENTEI ENERGETICE A INSTALATIILOR DE VENTILARE SI CLIMATIZARE

CUPRINS

- 2.1 Terminologie, clasificarea sistemelor de ventilare și climatizare și aer condiționat.
- 2.2 Notății
- 2.3 Calculul temperaturii interioare în perioada de vară; verificarea confortului interior; oportunitatea climatizării
- 2.4 Calculul necesarului de energie pentru răcirea clădirilor - metodă de calcul lunară
- 2.5 Calculul necesarului de energie pentru răcirea clădirilor - metodă de calcul orară
- 2.6 Calculul debitelor de aer pentru ventilare naturală și mecanică
- 2.7 Calculul consumului de energie pentru ventilarea clădirilor
- 2.8 Calculul consumului anual de energie pentru sistemele centralizate și descentralizate de climatizare și aer condiționat

ANEXE

Documente recomandate

2.1 Terminologie, clasificarea sistemelor de ventilare și climatizare și aer condiționat.

Ventilarea este procesul prin care se aduce în încăperi, aer proaspăt (exterior) și se elimină din încăperi aer poluat. Astfel se realizează diluarea/eliminarea poluanților exteriori: umiditate, gaze, vapori, praf. În funcție de energia care asigură deplasarea aerului, ventilarea poate fi **naturală**, **mecanică** sau **hibridă**.

Ventilarea **naturală** se realizează datorită diferențelor de presiune dintre interiorul și exteriorul clădirii, create de factori naturali: diferențe de temperatură și vânt. Ventilarea **mecanică** se realizează prin mijloace mecanice (ventilatoare). În cazul ventilării **hibride**, mijloacele mecanice intră în funcțiune numai când diferențele de presiune create de factorii naturali sunt insuficiente pentru realizarea debitului de aer necesar.

Ventilarea naturală poate fi **organizată** sau **neorganizată**. În cazul ventilării organizate, sistemul de ventilare (deschideri, conducte) este conceput pentru a realiza procesul în condițiile cerute de normele sanitare (concentrații admise, grad de expunere admis etc). Ventilarea neorganizată, numită și **aerisire**, se face ca urmare a neetanșeităților clădirii sau prin deschiderea ferestrelor.

În funcție de numărul de circuite de aer, ventilarea se poate face **cu un circuit** care asigură funcția de introducere sau de evacuare a aerului sau **cu două circuite** (de introduce și de evacuare). În cazul unui singur circuit, mișcarea aerului pe acest circuit se face în general mecanic; cealaltă funcție se realizează natural.

În funcție de presiunea aerului din interiorul încăperilor, în raport cu presiunea exterioară acestora, instalațiile sunt **în suprapresiune**, **în depresiune** sau **echilibrate**. Instalațiile de ventilare cu un circuit sunt sau în depresiune (cu circuit de aspirație) sau în suprapresiune (cu un circuit de introducere). Instalațiile cu două circuite pot fi în depresiune dacă debitul introdus este mai mic decât cel evacuat, în suprapresiune dacă debitul introdus este mai mare decât cel evacuat sau echilibrate, dacă cele două debite sunt egale.

După dimensiunea spațiului ventilat, se poate realiza o ventilare **locală (de exemplu prin aspirație locală)** sau **generală**. Prin folosirea ventilării locale împreună cu ventilarea generală, se obține **ventilarea combinată**. În fig. 2.1 este redată schema de clasificare a instalațiilor de ventilare.

Climatizarea este procesul prin care se asigură în încăperi, o **temperatură interioară prescrisă**, inclusiv în perioada caldă când este necesară **răcirea**. Climatizarea este de cele mai multe ori cuplată cu ventilarea; astfel, instalațiile de climatizare sunt în același timp și instalații de ventilare. Climatizarea se poate realiza cu **controlul umidității interioare** pe toată perioada de utilizare a instalației sau numai iarna (**control parțial al umidității**) sau **fără controlul umidității**.

Climatizarea se poate realiza **cu aparate de climatizare** sau prin **sisteme numai aer** sau prin sisteme **aer-apă** (cu ventiloconvectoare, ejectoconvectoare, grinzi de răcire). Debitul de aer al instalațiilor de climatizare poate fi constant sau variabil. Un caz particular îl constituie climatizarea numai aer, de înaltă presiune, cu debit de aer variabil (VRV). În fig. 2.2 este prezentată schema de clasificare a instalațiilor de climatizare.

Instalațiile de **aer condiționat** sunt un caz particular al instalațiilor de climatizare care asigură în interiorul încăperilor temperatura și umiditatea aerului, cu limite mici de variație; de multe ori, se controlează strict și viteza curenților de aer și concentrația prafului. Din cauza consumurilor mari de energie, astfel de instalații sunt justificate în sălile de operații, în laboratoare și în industrie, în cazul unor procese tehnologice cu cerințe speciale pentru condițiile interioare.

În funcție de mișcarea aerului din încăperile ventilate/climatizate/condiționate care determină modul în care sunt preluați poluanții interiori și eficiența proceselor de transfer în interior, ventilarea se face prin **amestec turbulent**, prin **mișcare de tip piston** sau **prin deplasare**.

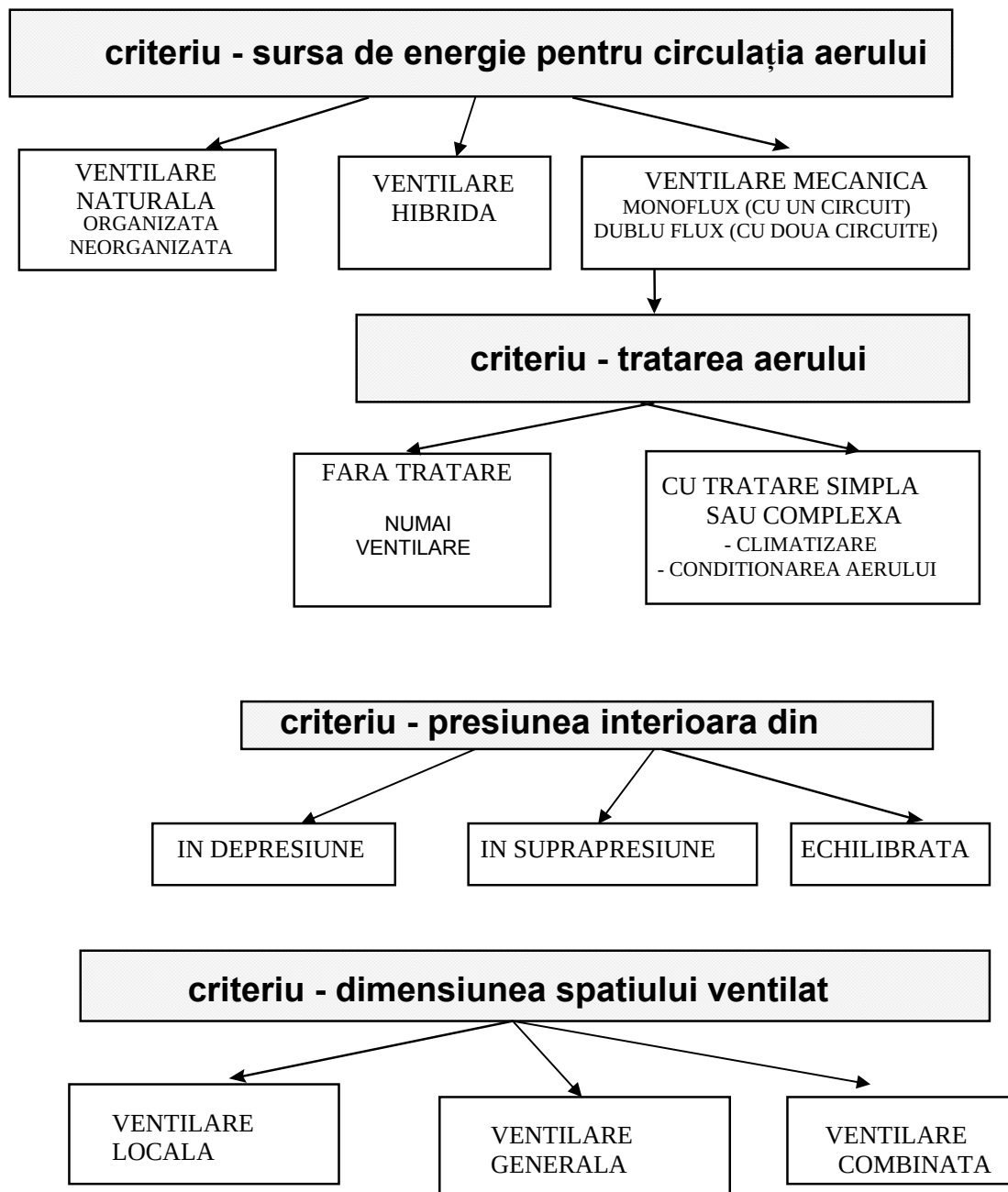


Fig. 2.1 Schema de clasificare a instalațiilor de ventilare

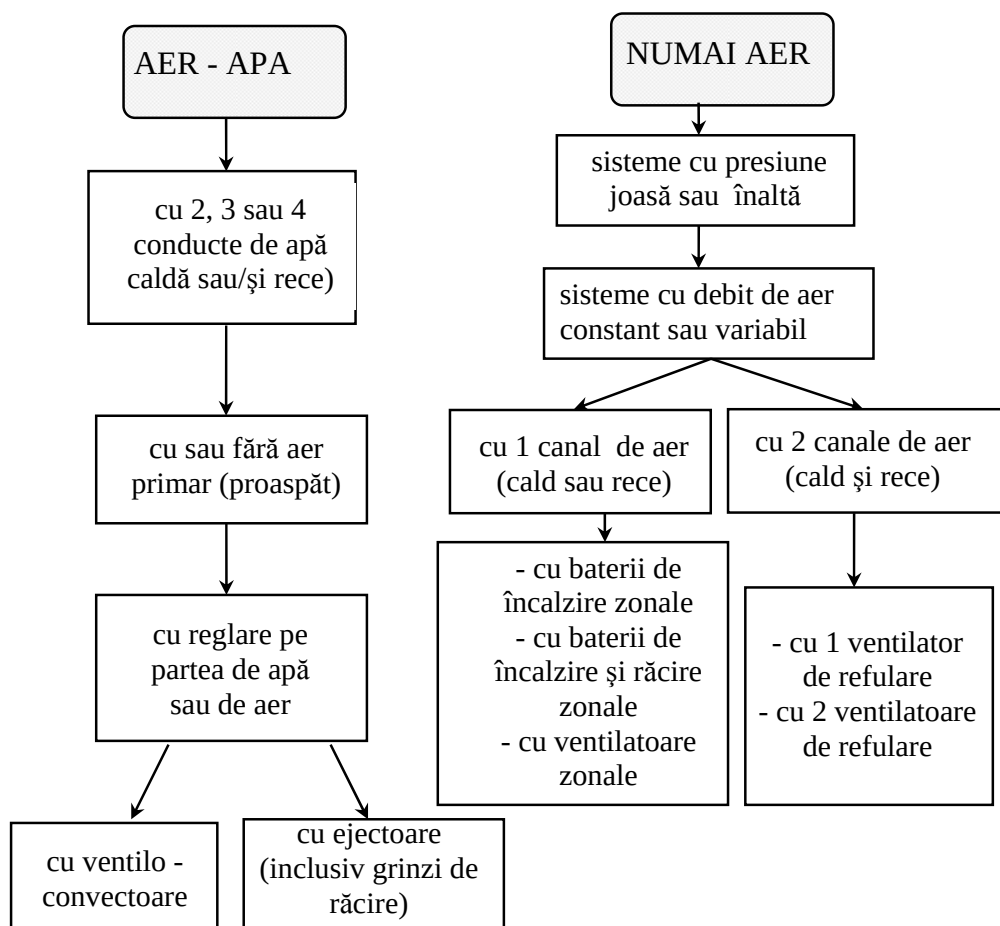


Fig. 2.2 Clasificarea instalațiilor de climatizare

2.2 Notății.

Principalele notații utilizate în capitolul 2 sunt cuprinse în tabelul 2.1. În tabelul 2.2 sunt dați indicii specifici. Datorită necesității unor precizări în utilizarea notațiilor, foarte importante pentru aplicarea corectă a diferitelor relații de calcul, ca și pentru facilitarea folosirii acestor relații, în text sunt explicate detaliat toate notațiile complexe folosite.

Tabelul 2.1 Principalele notații utilizate în capitolul 2.

Simbol	Mărimă	UM
A_F	aria totală a elementului vitrat, inclusiv rama (tâmplăria)	m^2
A_s	aria de captare efectivă a radiației solare, pentru o suprafață cu o orientare și un unghi de înclinare date, în zona considerată	m^2
b_l	factor de reducere a aporturilor de căldură	-
c	coeficient de corecție cu indici specifici pentru diferite situații	-
C_m	capacitatea termică internă a clădirii	kJ/K
F_{cer}	factor de corecție ce ține cont de schimbul de căldură prin radiație al peretelui către bolta cerească	m^2K/W
F_f	factor de formă dintre elementul opac și bolta cerească	-
f_p	factor adimensional funcție de căldura acumulată în fereastră, ce depinde de modul de operare orar al dispozitivelor de protecție	-

Simbol	Mărire	UM
$F_{s,u}$	factor de reducere a aporturilor solare datorată efectelor de umbrire pentru o aria de captare efectivă	-
F_t	factor de tâmplărie (de reducere a suprafeței ferestrei), egal cu raportul dintre aria tamplăriei (ramei) și aria totală a geamului	-
F_u	factor de umbrire al ferestrei datorat elementelor exterioare de umbrire cu care aceasta este prevăzută	-
g	factor de transmisie a energiei solare totale al unui element de construcție	-
H	coeficient de transfer de căldură (termic); conductanță	W/K
h	coeficient de transfer de căldură superficial	W/(m ² K)
H_T	coeficientul de transfer de căldură prin transmisie	W/K
H_V	coeficientul de transfer de căldură prin ventilare	W/K
I	Intensitate a radiației solare	W/m ²
I_s	radiația totală primită de 1 m ² de suprafață receptoare, în condițiile lipsei oricărui element de umbrire exterior, integrată pe perioada de calcul	MJ/m ²
k	coeficient de conductivitate termică	W/(mK)
L	lungime	m
n_a	număr de schimburi orare de aer dintre interior și exterior	h ⁻¹
NGZ	număr de grade-zile	°C·zi
p	presiune	Pa
P	putere electrică	W
q	flux termic unitar	W/m ²
Q	cantitate de căldură (de energie)	MJ
q_v	debit de aer de ventilare	l/s
R	rezistență termică	m ² K/W
t	timp	s
T	temperatura absolută (termodinamică)	K
U	coeficient global de transfer de căldură (coeficient de transfer termic)	W/(m ² K)
v	viteză	m/s
V	volum	m ³
$\dot{V}$	debit volumic	m ³ /s
$\dot{V}_{V,extra}$	debitul suplimentar pentru ventilarea nocturnă suplimentară	m ³ /s
x	umiditate absolută	g/kg
X	capacitatea termică internă a unui element de construcție	kJ/(m ² K)
α	coeficient de absorbție a radiației solare, al unei suprafețe	-
ε	emisivitatea unei suprafețe eficiență	-

Simbol	Mărire	UM
φ	umiditate relativă flux de căldură unitar	% W/m ²
Φ	fluxul de căldură, puterea termică	W
$\Phi_{I,R,V}$	fluxul de căldura cedat (disipat) de instalațiile de încălzire, răcire și ventilare	W
τ	- constanta de timp a clădirii - factorul de transmisie (sau transmitanța) a energiei solare prin elementul vitrat	s -
η	randament	%
θ	temperatură, în grade Celsius	°C
ρ	densitate / masă volumică	kg/m ³
σ	constanta Stefan-Bolzman ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$)	W/(m ² .K ⁴)
χ	capacitate termică raportată la suprafață	J/(m ² .K)
η_R	factorul de utilizare a pierderilor de căldură, în situația răcirii	-
λ_R	raportul dintre aporturile și pierderile de căldură ale clădirii (zonei) în modul de răcire	-

Tabelul 2.2. Indici utilizați pentru notațiile din capitolul 2

<i>ac</i>	referitor la apă caldă de consum
<i>ap,e</i>	de la aparatură electrică
<i>ar</i>	referitor la apă rece
<i>an</i>	anual
<i>C</i>	referitor la climatizare
<i>c</i>	convecție
<i>can</i>	referitor la canalizare
<i>cer</i>	referitor la bolta cerească
<i>circ</i>	referitor la recircularea apei calde de consum
<i>contr</i>	care depinde de sistemul de control
<i>cor</i>	corectat
<i>e</i>	exterior
<i>ev</i>	evacuat
<i>F</i>	al fereastrei
<i>I</i>	referitor la încălzire
<i>i</i>	interior
<i>il</i>	de la iluminat
<i>interm</i>	intermitent

<i>intr</i>	intodus
<i>j, k (cu , înainte)</i>	indici ai unor elemente de însumare
<i>m</i>	mediu
<i>mz</i>	multizonă
<i>nc</i>	neclimatizat
<i>nec</i>	necesar
<i>necirc</i>	fără circulație
<i>nepref</i>	nepreferențial
<i>oc</i>	de la ocupanți
<i>oe</i>	obstacole exterioare
<i>P</i>	referitor la perete
<i>pierd</i>	pierderi
<i>pref</i>	preferențial
<i>p</i>	protejat
<i>proc</i>	referitor la procese tehnologice
<i>psv</i>	protecție solară variabilă
<i>r</i>	radiație
<i>R</i>	răcire
<i>rec</i>	recuperat
<i>S</i>	solar
<i>s</i>	de suprafață
<i>se</i>	suprafață exterioară
<i>si</i>	suprafață interioară
<i>sist</i>	referitor la sistem
<i>supl</i>	suplimentar
<i>sursa</i>	de la surse de căldură
<i>T</i>	transmisie (conducție)
<i>tot</i>	total, pe toată perioada de calcul
<i>Tr</i>	referitor la transferul de căldură
<i>u</i>	umbrît
<i>V</i>	referitor la ventilare
<i>vac</i>	vacanță
<i>z</i>	referitor la zonă
<i>o</i>	de referință

2.3 Calculul temperaturii interioare în perioada de vară; verificarea confortului interior; oportunitatea climatizării

2.3.1. Domeniu de aplicare

Clădiri rezidențiale sau nerezidențiale sau părți ale acestora, care vor fi denumite generic "clădiri".

2.3.2. Obiectiv

Determinarea temperaturii care se realizează în interiorul unui local în perioada de vară, în absența sistemului de climatizare (răcire). Acest calcul permite astfel studiul evitării supraîncălzirii încăperilor pe timpul verii încă din faza de proiectare. De asemenea, pe baza rezultatelor obținute se poate determina necesitatea utilizării unei instalații de climatizare (răcire) pentru asigurarea confortului termic al ocupanților în perioada de vară.

2.3.3 Metoda de calcul

2.3.3.1 Ipoteze de calcul

Ipotezele principale luate în considerare la elaborarea metodologiei de calcul:

- încăperea este considerată ca un spațiu închis delimitat de elementele de construcție
- temperatura aerului este uniformă în întreg volumul încăperii
- suprafețele elementelor de construcție sunt considerate izoterme
- proprietățile termofizice ale materialelor elementelor de construcție sunt constante
- conducția căldurii prin fiecare element de construcție este monodimensională
- straturile de aer din cadrul elementelor de construcție sunt considerate ca fiind delimitate de suprafețe izoterme
- temperatura medie de radiație este calculată ca media ponderată cu suprafețele a temperaturilor superficiale pentru fiecare element de construcție interior
- distribuția radiației solare pe suprafețele interioare ale încăperii nu depinde de timp
- distribuția spațială a părții radiative a fluxului de căldură datorat surselor interioare este uniformă
- coeficienții de schimb de căldură prin convecție și prin radiație (lungime de undă mare) pentru fiecare suprafață interioară sunt considerați în mod separat
- dimensiunile fiecărui element de construcție sunt considerate pe partea interioară pentru fiecare element de delimitare a încăperii
- efectele punților termice asupra transferului de căldură sunt neglijate
- valorile coeficienților de schimb de căldură sunt:
 - coeficient de schimb de căldură prin convecție la interior: $h_{ci} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - coeficient de schimb de căldură prin radiație (lungime de undă mare) la interior: $h_{ri} = 5,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - coeficient de schimb de căldură prin convecție la exterior: $h_{ce} = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - coeficient de schimb de căldură prin radiație (lungime de undă mare) la exterior: $h_{re} = 5,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - coeficient de schimb de căldură la interior (convecție + radiație): $h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - coeficient de schimb de căldură la exterior (convecție + radiație): $h_e = 13,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.3.3.2 Metoda și principalele relații de calcul

Etapele principale ale metodei de calcul sunt următoarele:

- definirea condițiilor de calcul privind datele climatice (în funcție de amplasarea clădirii)
- stabilirea încăperii pentru care se studiază temperatura interioară
- stabilirea elementelor de construcție care delimitează încăperea studiată (suprafețe, orientare, condiții la limită)
- calculul parametrilor termofizici (în regim permanent și în regim dinamic) și al parametrilor optici (pentru elementele de construcție opace și transparente)

- definirea scenariului de ventilare
- calculul degajărilor de căldură de la surse interioare
- evaluarea temperaturii operative maxime, medii și minime zilnice pentru încăperea studiată (temperatura operativă este definită ca media dintre temperatura aerului și temperatura medie de radiație) pe baza ecuațiilor de bilanț termic scrise pentru încăperea
- determinarea temperaturii interioare convenționale a unei încăperi neclimatizate în perioada de vară pe baza valorilor de temperatură operativă stabilite conform punctului anterior (aceasta servește la stabilirea supraîncălzirii încăperii și necesitatea climatizării).

Metoda de calcul se bazează pe analogia electrică pentru modelarea proceselor de transfer termic ce au loc la interiorul și exteriorul unei clădiri (fig. 2.3).

Pe baza schemei din figură, elementele componente ale anvelopei unei construcții sunt considerate în funcție de inerția termică, de transparență și de poziție.

Din punct de vedere al inerției termice și al transparenței, elementele de delimitare la exterior ale unui local se clasifică în:

- elemente exterioare opace ușoare
- elemente exterioare opace grele
- elemente transparente (ferestre, luminatoare, uși vitrate)

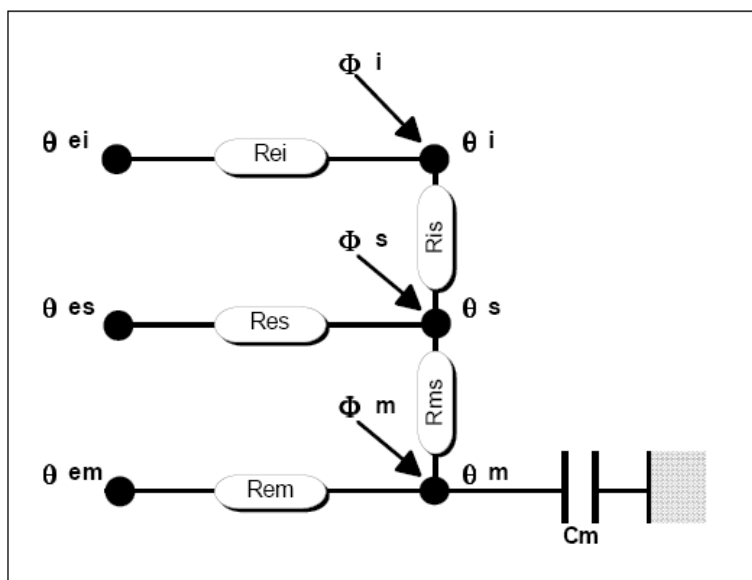


Fig. 2.3 Schema de calcul pentru transferul de căldură prin elementele de construcție ale încăperii (analogie electrică)

De asemenea, în cadrul metodei se ține cont de prezența elementelor de construcție interioare pentru efectuarea bilanțului termic al localului (denumite elemente interne sau interioare).

„Nodurile” de calcul din schema de mai sus reprezintă:

θ_i – temperatura aerului interior

θ_e – temperatura aerului exterior

θ_{es} , θ_{em} – temperatura echivalentă a aerului exterior pentru elementele exterioare „ușoare”, respectiv „grele” din punct de vedere al inerției

θ_s – temperatura medie dintre temperatura aerului și temperatura medie de radiație, ponderată prin intermediul coeficienților de transfer termic convectiv și prin radiație

θ_m – temperatură de „masă” (inerțială)

Notațiile utilizate pentru rezistențele termice (K/W) și capacitățile termice (J/K) din fig. 2.3 sunt următoarele:

R_{ei} – rezistența termică corespunzătoare ventilării;

R_{es} , R_{em} – rezistența termică a elementelor exterioare ușoare, respectiv grele;

R_{is} , R_{ms} - rezistența termică ce corespunde schimbului de căldură dintre suprafețele interioare ale elementelor de construcție și aerul interior;

C_m – capacitatea termică medie zilnică a elementelor de construcție ale încăperii.

Fluxurile de căldură considerate sunt corespunzătoare nodurilor de calcul θ_i , θ_s și θ_m .

În funcție de tipul elementului de construcție, în cadrul metodei de calcul sunt necesare diferite mărimi. În tabelul 2.3 sunt indicate mărimile necesare pentru fiecare tip de element de construcție, cu notațiile corespunzătoare.

Ecuațiile de bilanț termic scrise pentru fiecare nod de calcul din fig. 2.3 sunt obținute pe baza integrării în timp cu pas de 1 oră.

Pentru un moment de timp t , temperatura $\theta_{m,t}$ se determină în funcție de valoarea de la pasul de timp precedent $\theta_{m,t-1}$ astfel:

$$\theta_{m,t} = \frac{\left[\theta_{m,t-1} \left(\frac{c_m}{3600 - 0,5(H_3 + H_{em})} \right) + \Phi_{mtot} \right]}{\left[\frac{c_m}{3600 + 0,5(H_3 + H_{em})} \right]} \quad (2.1)$$

Valorile medii ale temperaturilor în nodurile de calcul considerate se obțin cu relațiile:

$$\theta_m = \frac{\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}}{2} \quad (2.2)$$

$$\theta_s = \frac{H_{ms}\theta_m + \Phi_s + H_{es}\theta_{es} + H_1\left(\theta_{ei} + \frac{\Phi_i}{H_{ei}}\right)}{(H_{ms} + H_{es} + H_1)} \quad (2.3)$$

$$\theta_i = \frac{H_{is}\theta_s + \Phi_i + H_{ei}\theta_{ei}}{(H_{is} + H_{ei})} \quad (2.4)$$

iar temperatura operațională (media dintre temperatura aerului și temperatura medie de radiație) se determină astfel:

$$\theta_{op} = \frac{\theta_i + \left(1 + \frac{h_{ci}}{h_{rs}}\right)\theta_s - \frac{h_{ci}}{h_{rs}}\theta_i}{2} \quad (2.5)$$

unde: $h_{rs} = 1,2 h_{ri}$ și:

$$H_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{H_{ei}} + \frac{1}{H_{is}}\right)}; H_2 = H_1 + H_{es}; H_3 = \frac{1}{\left(\frac{1}{H_2} + \frac{1}{H_{ms}}\right)}$$

$$\Phi_{mtot} = \Phi_m + H_{em}\theta_{em} + \frac{H_3\left[\Phi_s + H_{es}\theta_{es} + H_1\left(\frac{\Phi_i}{H_{ei}} + \theta_{ei}\right)\right]}{H_2}$$

unde:

$$H_{ei} = \frac{1}{R_{ei}} \quad \text{coeficient de schimb de căldură datorat ventilării (calculat cu relația 2.6)}$$

$$H_{is} = \frac{1}{R_{is}} \quad \text{coeficient de schimb de căldură prin convecție și radiație (calculat cu relația 2.7)}$$

$H_{es} = \frac{1}{R_{es}}$ coeficient de schimb de căldură global între interior și exterior (cf. 2.8)

$H_{ms} = \frac{1}{R_{ms}}$ coeficient convențional de schimb de căldură la interior (cf. 2.9)

$H_{em} = \frac{1}{R_{em}}$ coeficient de schimb de căldură între exterior și suprafața interioară (cf. 2.10)

C_m capacitate termică a elementelor din structura anvelopei (cf. 2.11)

θ_{es} temperatura echivalentă a aerului exterior pentru componentelor exterioare ușoare (cf. 2.13)

θ_{em} temperatura echivalentă a aerului exterior pentru componentelor exterioare grele (cf. 2.14)

Φ_i fluxul de căldură în nodul de aer θ_i , datorat fie surselor interioare, fie radiației solare directe sau aporturilor de căldură convective datorate lamei de aer interioare ventilată a vitrajului (cf. 2.21)

Φ_s fluxul de căldură în nodul θ_s datorat fie surselor interioare, fie radiației solare directe (cf. 2.22)

Φ_m fluxul de căldură în nodul de „masă” θ_m datorat fie surselor interioare, fie radiației solare directe (cf. 2.23)

Calculul este iterativ și este repetat până când este respectat criteriul de convergență pentru temperatura interioară. Criteriul de convergență se consideră îndeplinit dacă diferența dintre temperatura θ_m la ora 24, pentru două iterații succesive este mai mică de 0,01°C.

Tabel 2.3 Parametrii necesari pentru efectuarea calculului (elemente de construcție)

Tip element de construcție	Mărime	Notatie
Elemente exterioare opace ușoare (din punct de vedere al inerției)	Coeficient global de transfer termic (transmitanță termică)	U
	Factor solar	S_f
	Radiație solară incidentă	R_{si}
	Arie	A
Elemente exterioare opace grele (din punct de vedere al inerției)	Coeficient global de transfer termic (transmitanță termică)	U
	Factor solar	S_f
	Radiație solară incidentă	R_{si}
	Arie	A
Elemente transparente	Coeficient global de transfer termic (transmitanță termică)	U
	Factor de transmisie pt. radiația solară (radiație directă de lungime de undă mică)	S_{b1}
	Factor de transmisie pt. radiația solară (radiație de lungime de undă mare + convecție)	S_{b2}
	Factor de transmisie pt. radiația solară (pentru lama de aer interioară ventilată)	S_{b3}
	Radiație solară incidentă	R_{si}
	Arie	A
Toate elementele	Capacitatea termică specifică (raportată la suprafață)	C
	Arie	A
Încăpere	Debit de aer (ventilare)	n
	Volum încăpere	V

În continuare se prezintă termenii care intervin în ecuațiile 2.1-2.5:

- *coeficienții de transfer de căldură:*

- coeficientul de transfer de căldură datorat ventilării:

$$H_{ei} = 0,34q_v \quad (2.6)$$

unde q_v (m^3/h) reprezintă debitul volumic de aer de ventilare.

- coeficientul de transfer de căldură prin convecție și radiație:

$$H_{is} = \frac{A_t}{\left(\frac{1}{h_{ci}} - \frac{1}{h_{is}} \right)} \quad (2.7)$$

unde $h_{is} = h_{ci} + h_{rs}$ și $A_t = \sum_{i=1}^c A_i$ reprezintă suprafața totală a elementelor de construcție în contact cu interiorul

- coeficientul de transfer de căldură global între mediul interior și cel exterior (acest coeficient corespunde componentelor opace exterioare ușoare - H_{Ti} și ferestrelor - H_{Tf}):

$$H_{es} = H_{Ti} + H_{Tf} \quad (2.8)$$

$$H_{Ti} = \sum_{k=1}^l (A_k U_k); \quad H_{Tf} = \sum_{k=1}^w (A_j U_j)$$

- coeficient convențional de transfer de căldură la interior:

$$H_{ms} = h_{is} A_m \quad (2.9)$$

unde A_m se determină cu relația 2.12

- coeficient convențional de transfer de căldură între exterior și suprafața interioară:

$$H_{em} = \frac{1}{\left(\frac{1}{H_{Th}} - \frac{1}{H_{ms}} \right)} \quad (2.10)$$

$$\text{cu } H_{Th} = \sum_{y=1}^h (A_y U_y)$$

H_{Th} corespunde componentelor exterioare opace grele.

Capacitatea termică echivalentă a încăperii C_m , se determină cu relația următoare, luând în considerare o perioadă de 24 de ore și ținând cont de inerția mobilierului, cu o valoare de 20 kJ/m²K de suprafață pe sol:

$$C_m = \sum_{i=1}^c (A_i C_i) + 20 A_{sol} \quad (2.11)$$

unde: C_i capacitatea utilă jurnalieră a componentului i ,

A_i suprafața componentului i ,

c numărul de componente ce delimitează spațiul interior,

A_{sol} suprafața utilă a clădirii sau a zonei. Această suprafață este luată în considerare ca fiind egală cu suprafața încălzită pentru clădirile de locuit.

Suprafața echivalentă de transfer de căldură cu mediul ambiant A_m este determinată cu relația:

$$A_m = \frac{C_m^2}{\sum_{i=1}^c A_i C_i^2} \quad (2.12)$$

Valorile pentru C_m și A_m sunt determinate în funcție de clasa de inerție a clădirii sau a zonei conform clasificării din tabelul următor (2.4):

Tabel 2.4 Valori convenționale pentru C_m și A_m

Clasa de inerție	C_m	A_m
Foarte ușoară	$80 * A_{sol}$	$2,5 * A_{sol}$
Ușoară	$110 * A_{sol}$	$2,5 * A_{sol}$
Medie	$165 * A_{sol}$	$2,5 * A_{sol}$
Grea	$260 * A_{sol}$	$3,0 * A_{sol}$
Foarte grea	$370 * A_{sol}$	$3,5 * A_{sol}$

- temperaturi exterioare echivalente:

$$\theta_{es} = \theta_{ei} + \frac{\Phi_{sl}}{H_{es}} \quad (2.13)$$

$$\theta_{em} = \theta_{ei} + \frac{\Phi_{sh}}{H_{Th}} \quad (2.14)$$

Radiația solară incidentă la nivelul suprafețelor exterioare este luată în considerare prin:

$$I_{sr} = f_s I_D + I_d + I_r$$

unde:

f_s factorul de reducere a radiației solare directe

I_D componenta directă a radiației solare

I_d componenta difuză a radiației solare

I_r componenta reflectată a radiației solare

Fluxul de căldură transmis încăperii, datorat radiației solare absorbite dar și radiației reci (spre bolta cerească) pentru componentele ușoare (opace și transparente) este determinat cu relația:

$$\Phi_{sl} = \sum_{k=1}^l \left[A \left(S_f I_{sr} + \frac{q_{er} U}{h_e} \right) \right]_k + \sum_{j=1}^w \left[A \left(S_{b2} I_{sr} + \frac{q_{er} U}{h_e} \right) \right]_j \quad (2.15)$$

Fluxul de căldură transmis încăperii, datorat radiației solare absorbite și radiației reci (spre bolta cerească), pentru componentele grele este determinat cu relația:

$$\Phi_{sh} = \sum_{y=1}^h \left[A \left(S_f I_{sr} + \frac{q_{er} U}{h_e} \right) \right]_y \quad (2.16)$$

- *fluxul de căldură în nodurile de temperatură:*

Fluxul de căldură datorat radiației solare directe la nivelul elementelor transparente se determină cu relația:

$$\Phi_{sd} = \sum_{y=1}^w [A(1 - f_{lf}) S_{b1} I_{sr}]_y \quad (2.17)$$

Fluxul de căldură datorat radiației solare transmis încăperii datorită creșterii temperaturii aerului ce trece prin straturile de aer ventilate din ferestre, se determină cu relația:

$$\Phi_{svl} = \sum_{j=1}^w [A S_{b3} I_{sr}]_j \quad (2.18)$$

Fluxul de căldură datorat surselor de căldură interioare se determină:

$$\Phi_{i,c} = \sum_{j=1}^n \Phi_{i,c,j} \quad (2.19)$$

$$\Phi_{i,r} = \sum_{j=1}^n \Phi_{i,r,j} \quad (2.20)$$

unde:

- n numărul de surse interioare de căldură
- $\Phi_{i,c}$ fluxul de căldură convectiv al fiecărei surse
- $\Phi_{i,r}$ fluxul de căldură radiativ al fiecărei surse

Fluxurile de căldură în nodurile de temperatură se determină cu relațiile:

$$\Phi_i = \Phi_{svl} + f_{sa} \Phi_{sd} + \Phi_{intc} \quad (2.21)$$

$$\Phi_s = P_{rs} (1 - f_{sa}) \Phi_{sd} + P_{rsd} \Phi_{intr} \quad (2.22)$$

$$\Phi_m = P_{rm} (1 - f_{sa}) \Phi_{sd} + P_{rmd} \Phi_{intr} \quad (2.23)$$

P_{rs} și P_{rm} reprezintă componentele radiative ale aporturilor interioare în nodurile θ_s și θ_m .

$$P_{rs} = \left(A_t - A_m - \frac{H_{es}}{h_{is}} \right) / A_t$$

$$P_{rm} = A_m / A_t$$

P_{rsd} și P_{rmd} reprezintă părțile radiative ale aporturilor solare directe în nodurile θ_s și θ_m

$$P_{rsd} = (A_t - A_m - A_w - H_{es} / h_{is}) / A_t - A_w$$

$$P_{rmd} = \frac{A_m}{A_t - A_f}$$

unde A_f este suprafața totală a elementelor vitrate:

$$A_f = \sum_{j=1}^w A_j$$

În ecuațiile de mai sus, notațiile corespund următoarelor mărimi:

l – numărul total de elemente interne ușoare

h – numărul total de elemente opace grele

w – numărul total de elemente vitrate

S_f – factor solar pentru fiecare element opac

S_{b1} – factor de transmisie pentru radiația solară (radiație directă de lungime de undă mică) a elementului vitrat

S_{b2} – factor de transmisie pentru radiația solară (radiație de lungime de undă mare + convecție) a elementului vitrat

S_{b3} – factor de transmisie pentru radiația solară (pentru lama de aer interioară ventilată) a elementului vitrat

I_{sr} – radiația solară incidentă pe suprafață

f_{if} – factor de pierdere solară a ferestrelor

f_s – factor de umbrire datorat protecțiilor solare

f_{sa} – partea aporturilor solare transmise direct aerului din încăperea

q_{er} – flux specific de căldură de la exterior spre bolta cerească

Se propun ca valori convenționale:

$$f_{if} = 0$$

$$f_{sa} = 0,1$$

2.3.4 Stabilirea temperaturii interioare a unei încăperi neclimatizate, în perioada de vară

Determinarea acestei temperaturi permite efectuarea de analize privind supraîncălzirea încăperii pe perioada sezonului cald și oportunitatea prevederii unui sistem de climatizare.

Temperatura interioară convențională a unei încăperi neclimatizate în perioada de vară este considerată ca fiind valoarea maximă a mediei pe trei ore consecutive a valorilor temperaturii operative:

$$t_{ic} = \max_{h=1,24} \left[\sum_h \left((\theta_{op}(h) + \theta_{op}(h+1) + \theta_{op}(h+2)) / 3 \right) \right] - D \quad (2.24)$$

În relația (2.24), temperatura operativă este calculată conform relațiilor prezentate la § 2.3.3.2. De asemenea, la calculul temperaturii interioare convenționale se ține seama de influența inerției termice a clădirii prin introducerea coeficientului D determinat astfel:

$$D = 0,75E \left(1 - \left[\frac{\left(1 + 4,76 \cdot 10^{-4} C^2 (1 - B_1)^2 \right)}{\left(1 + 4,76 \cdot 10^{-4} C^2 \right)} \right]^{1/2} \right) \quad (2.25)$$

unde:

E – ecart de temperatură între media zilei de calcul și media lunară

$$B_1 = \frac{1}{(1 + R_{ms} H)}$$

$C = 0,278 C_{ms} / H$ - constantă de timp secvențială a volumului studiat (încăpere), cu:

C_{ms} - capacitate termică secvențială ce caracterizează amortizarea temperaturii în perioada de vară pe o perioadă de 12 zile,

H - pierderi de căldură medii prin pereți și prin ventilare:

$$H = H_{th} + H_{es} + H_{ei}$$

Temperatura interioară convențională trebuie determinată cu o precizie de 0,1 °C, prin rotunjirea valorii obținute la valoarea cea mai apropiată.

Pentru utilizarea metodologiei de calcul a temperaturii operaționale, se dau mai jos valori recomandate pentru diverse mărimi ce intervin în cadrul metodei.

- **debitul de aer de ventilare:**

Pentru calculul temperaturii interioare este necesar să se cunoască debitul de aer de ventilare. Debitul de aer pentru ventilare mecanică se determină în conformitate cu Normativul de ventilare I5.

Debitul de aer pentru ventilare naturală neorganizată (aerisire) se poate considera astfel:

- ferestre doar pe o fațadă – tabel 2.5
- ferestre pe două fațade – tabel 2.6

Mărima care intervine în mod direct la stabilirea debitului de aer este suprafața de deschidere a ferestrei S_{fd} , definită ca fiind raportul dintre suprafața de deschidere efectivă a ferestrei și suprafața totală a ferestrei.

În tabelele 2.5 – 2.6 sunt indicate valori uzuale pentru numărul de schimburi de aer n (h^{-1}) pentru încăperi în funcție de poziția ferestrelor pe fațade și suprafața lor de deschidere, S_{fd} .

Tabel 2.5 Schimburi de aer realizate prin aerisire, pentru ferestre pe o singură fațadă:

- ferestre deschise ziua și noaptea:

S_{fd}	0,1	0,5	0,9
n (h^{-1})	0,5	1,5	3

- ferestre deschise noaptea și închise ziua:

	Ziua		Noaptea	
S_{fd}	0,1	0,5	0,1	0,5
n (h^{-1})	0,5	1,0	2,5	2,5

Tabel 2.6 Schimburi de aer realizate prin aerisire, pentru ferestre pe două fațade:

- ferestre deschise ziua și noaptea:

S_{fd}	0,1	0,5	0,9
n (h^{-1})	2,0	4,0	7,0

- ferestre deschise noaptea și închise ziua:

	Ziua		Noaptea	
S_{fd}	0,1	0,5	0,1	0,5
n (h^{-1})	2,0	4,0	7,5	7,5

- puterea surselor interioare de căldură:

În tabelele de mai jos sunt date valori recomandate pentru estimarea fluxului de căldură provenit de la surse interioare.

Tabelul 2.7 Fluxul de căldură de la surse interioare, pentru clădiri rezidențiale (W/m^2)

Ora	Bucătărie	Sufragerie	Dormitor
1	5	0	5
2	5	0	5
3	5	0	5
4	5	0	5
5	5	0	5
6	5	0	5
7	10	1	2
8	10	1	2
9	7	1	2
10	7	1	0
11	7	10	0
12	10	10	0
13	15	10	0
14	15	10	0
15	10	1	0
16	5	1	0
17	5	1	0
18	15	15	0
19	15	15	0
20	15	15	0
21	10	15	0
22	5	10	2
23	5	0	5
24	5	0	5

Tabelul 2.8 Fluxul de căldură de la surse interioare, pentru clădiri nerezidențiale (W/m^2)

Tip clădire	Oameni ($W/pers$)	Iluminat (W/m^2)	Echipamente (W/m^2)
Birou de proiectare	155	22	7
Birou informatică	130	9	35
Birou personal de conducere	130	12	7
Sală de calculatoare	130	9	350
Sală de conferințe	130	9	5
Hol	130	5	5
Birou	130	15	16
Restaurant	150	20	3

Calculul se face pentru ziua cea mai caldă din perioada de funcționare a clădirii respective. Dacă destinația clădirii conduce la o funcționare continuă, se consideră parametrii climatici exteriori pentru luna iulie. Temperatura obținută se apreciază ca fiind acceptabilă sau nu, calculând votul mediu previzibil PMV, nota de confort sau procentul de nemulțumiți (PPD), în conformitate cu partea I a Metodologiei, § 13.

2.4 Calculul necesarului de energie pentru răcirea clădirilor și al consumului de energie pentru sistemele de climatizare - metodă de calcul lunară

2.4.1 Domeniu de aplicare: clădiri climatizate, fără controlul umidității interioare.

Calculul se aplică la clădiri rezidențiale sau nerezidențiale sau părți ale acestora, care vor fi denumite generic "clădire".

Se consideră numai căldura sensibilă, nu și cea latentă.

2.4.2 Obiectiv: calculul energiei necesare răcirii clădirilor pentru asigurarea unei temperaturi interioare prescrise precum și al energiei consumate de sistemul de climatizare în acest scop.

Aceste determinări sunt necesare pentru rezolvarea următoarelor tipuri de aplicații:

- aprecierea măsurii în care sunt atinse obiectivele energetice reglementare existente (ex. indici de proiectare);
- compararea performanțelor energetice pentru diverse variante de proiectare, pentru o clădire dată;
- propunerea unui nivel standard, privind performanța energetică a clădirilor existente (indici de evaluare);
- evaluarea efectului implementării unor măsuri de conservare a energiei la clădirea existentă, prin posibilitatea calculării consumurilor în variantele "cu" și "fără" măsuri de conservare;
- predicția necesarului de resurse energetice la nivel regional, național sau internațional, prin calculul energiei consumate de clădiri reprezentative din fondul construit existent.

2.4.3 Conținut general

Metoda include calculul următoarelor mărimi definitorii pentru performanța energetică a clădirilor climatizate:

- fluxul de căldură prin transmisie și pentru ventilarea clădirii, atunci când aceasta este răcită la o temperatură interioară constantă;
- contribuția surselor interne de căldură și a aporturilor solare la bilanțul termic al clădirii considerate;
- necesarul anual de energie pentru răcire, pentru menținerea unei temperaturi interioare prescrise în clădire/zonă - (la nivelul clădirii);
- consumul anual de energie al sistemelor de răcire utilizate - (la nivelul surselor);
- consumul auxiliar anual de energie pentru răcire și ventilare.

Clădirea poate avea mai multe zone termice, cu temperaturi interioare prescrise diferite și poate avea sisteme de răcire cu funcționare intermitentă.

2.4.3.1 Principalele date de intrare

Principalele date de intrare necesare pentru efectuarea calculelor sunt:

- caracteristicile elementelor de anvelopă și ale sistemelor de ventilare;
- sursele interne de căldură și umiditate,
- climatul exterior;
- descrierea clădirii și a elementelor sale, a sistemelor de încălzire/răcire și scenariului lor de utilizare;
- date privind sistemele de încălzire, răcire, apă caldă de consum, ventilare și iluminat:
 - partiționarea clădirii în zone de calcul determinate de parametrii de confort diferiți și/sau scenarii de funcționare diferite;

- pierderi de energie la sursele de răcire sau pe traseul de distribuție al agentului termic până la consumatori și eventuale recuperări ale acestei energii prin utilizarea recuperării căldurii, surselor regenerabile sau degajărilor interioare;
- debitul de aer și temperatura aerului refulat (introdus) pe cale mecanică (fiind în prealabil preîncălzit sau/și prerăcit);
- elementele de comandă și control utilizate pentru menținerea parametrilor de confort la valorile prescrise, de proiectare.

2.4.3.2 Principalele date de ieșire

Principalele date de ieșire (rezultate) ale metodei de calcul sunt:

- necesarul de energie lunar și anual pentru răcirea clădirilor ;
- consumul de energie lunar și anual pentru răcirea clădirilor ;
- durata sezonului de răcire;
- consumul de energie auxiliar pentru răcire și ventilare.

2.4.3.3 Datele de ieșire adiționale

Acestea sunt:

- valori lunare pentru principalele elemente ce intervin în bilanțurile de energie: transmisie, ventilare, surse interne, aporturi solare;
- contribuția surselor de energie regenerabile;
- pierderile din sistem (pe partea de încălzire, răcire, apă caldă, ventilare și iluminat) și eventualele recuperări ale acestora.

2.4.3.4 Descrierea procedurii de calcul

Necesarul de energie pentru răcire va fi calculat pe baza bilanțului termic efectuat pentru întreaga clădire sau pentru fiecare zonă a clădirii. Aceste valori constituie date de intrare pentru bilanțul de energie la nivelul sistemului de răcire.

Structura procedurii de calcul este descrisă în cele ce urmează. Detalierea procedurii de calcul este prezentată în diferitele subcapitole menționate în continuare:

- Definirea conturului tuturor spațiilor condiționate (răcite) și a celor necondiționate, conform § 2.4.4.1,
- Definirea partiționării clădirii în mai multe zone; dacă acest fapt este necesar, se va proceda conform § 2.4.4.2,
- Calculul, pentru fiecare perioadă și zonă a clădirii, a energiei necesare pentru răcire Q_R , conform § 2.4.5 precum și a duratei sezonului de răcire, conform §2.4.6, utilizând informațiile prezentate în § 2.4.7 – 2.4.12,
- Combinarea rezultatelor obținute în diverse perioade și pentru zone deservite de același sistem și calculul consumului de energie pentru răcire ținând cont de energia disipată, se face conform recomandărilor de la § 2.4.13.
- Combinarea rezultatelor pentru diferite zone cu diferite sisteme se face de asemenea conform §2.4.13.

Calculul poate fi realizat în doua etape, dacă există interacțiuni semnificative între zonele termice sau între sisteme și bilanțul energetic al clădirii (de exemplu căldura disipată de sisteme influențează bilanțul de energie al clădirii).

De asemenea, pentru situații deosebite, calculul necesarului de energie pentru răcire se poate efectua în două sau trei etape succesive: de exemplu, în prima etapă, se realizează calculul necesarului de energie, fără să se ia în considerare ventilarea nocturnă sau ventilarea care se realizează în afară perioadei de ocupare, iar în a doua și în a treia etapă, se pot integra efectele acestor tipuri de ventilare (dacă ele există), ținând cont de rezultatele obținute în prima etapă.

Bilanțul de energie la nivelul clădirii include următorii termeni (numai căldură sensibilă):

- transferul de căldură prin transmisie, dintre spațiul climatizat și mediul exterior, datorat diferențelor de temperatură,
- transferul de căldură pentru încălzirea/răcirea aerului de ventilare introdus mecanic sau natural, datorat diferențelor de temperatură dintre spațiul climatizat și aerul introdus,
- transferul de căldură prin transmisie și ventilare dintre zonele adiacente, datorat diferențelor de temperatură dintre zona climatizată și spațiile adiacente,
- sursele interioare de căldură (inclusiv cele negative, care absorb căldură),
- sursele de căldură solare, directe (radiație solară pătrunsă prin ferestre) sau indirecte (radiație solară absorbită în elementele opace de închidere ale clădirii),
- căldura acumulată sau cedată în masa clădirii,
- energia necesară pentru răcirea clădirii sau a unei zone a acesteia; sistemul de răcire extrage căldura pentru a micșora temperatura interioară sub un nivel maxim prescris.

Metoda de calcul prezentată este o metodă cvasi-staționară. Efectul inerției termice a clădirii în cazul răcirii intermitente sau a opririi sistemului de răcire va fi luat în calcul prin introducerea unei ajustări a temperaturii interioare sau a unei corecții aplicate necesarului de frig calculat pentru cazul răcirii continue a clădirii. Folosirea unui “factor de utilizare a căldurii” transferate prin transmisie și prin ventilare permite luarea în considerare a faptului că numai o parte din această căldură diminuează necesarul de frig. Partea neutilizată a acestui transfer de căldură are loc în perioade în care climatizarea nu funcționează (de exemplu noaptea). Bilanțul nu ia în considerare parte neutilizată a transferului de căldură, care se consideră că este contrabalansat de nerespectarea perfectă a temperaturii prescrise la interior.

Perioada de calcul utilizată de metoda prezentată este de o luna. Calculele lunare oferă rezultate corecte la nivel anual, însă rezultatele obținute pentru lunile de început și sfârșit ale perioadei de răcire pot avea erori relative importante.

Necesarul de energie al clădirii pentru răcire este asigurat prin furnizarea de energie de către sisteme de răcire adecvate.

Energia consumată la nivelul sistemului, rezultă din bilanțul de energie pentru răcire care include următorii factori:

- necesarul de energie pentru răcirea clădirii sau zonei;
- energia furnizată de sistemele ce utilizează energie regenerabilă;
- pierderile de energie care au loc la generare, stocare, distribuție și emisie în sistemele de răcire;
- energia introdusă în sistemele de răcire;
- ca un caz particular, energia primară produsă de aceste sisteme de răcire (de exemplu energie electrică ce rezultă dintr-un sistem de co sau trigenerare).

Bilanțul de energie al fiecărui sistem cuprinde de asemenea și energia recuperată în sistem de la diverse surse și la diferite nivele. În diagrama din fig. 2.4 este reprezentat un bilanț global de energie pentru clădire și sisteme (relativ simplificat, deoarece nu cuprinde toate recuperările de energie, sursele regenerabile și o eventuală producție de energie prin cogenerare). La nivelul sistemului, s-a considerat echipamentul de generare termodinamică a frigului GTF. Acest echipament absorbe căldura din clădire, cu consum de energie primară introduse în sistem.

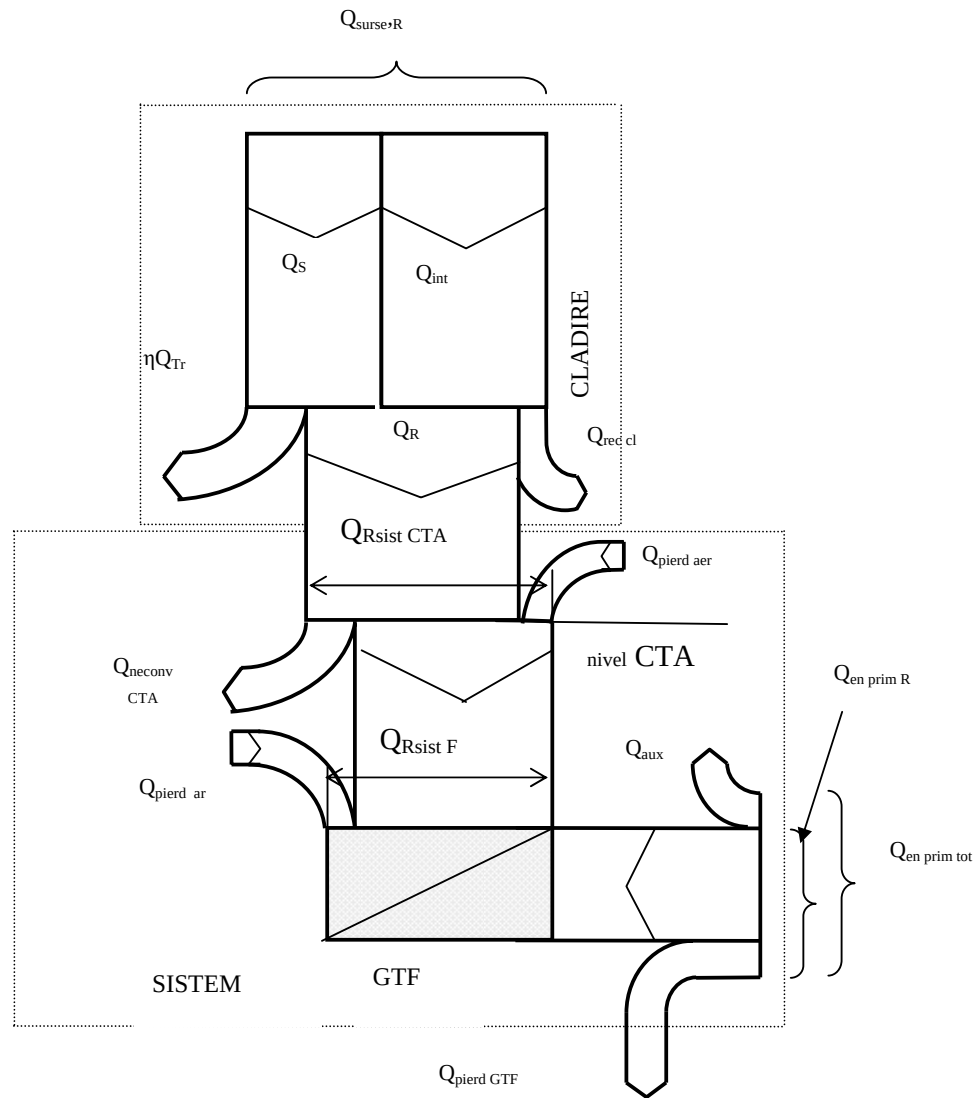


Fig. 2.4 Diagrama energetică pentru răcire în clădiri climatizate.

Notații: $Q_{surse,R}$ – căldura totală pătrunsă în încăperea, provenită de la sursele de căldură, exterioare și interioare, în situația răcirii încăperilor; Q_s – căldura provenită de la soare, Q_{int} – căldura degajată de sursele interioare; Q_{Tr} – căldura totală schimbată de clădire cu exteriorul, prin transfer (poate avea și sens invers, în funcție de temperatura interioară și exterioară, $Q_{rec,cl}$ – căldură evacuată la nivelul clădirii (de exemplu prin ventilare nocturnă; din punct de vedere al răcirii se poate considera o recuperare a energiei, deoarece micșorează sarcina de răcire), Q_R – energia necesară pentru răcirea clădirii; $Q_{RsistCTA}$ – energia necesară pentru răcire, la nivelul centralei de tratare a aerului; Q_{RsistF} – energia necesară pentru răcire la nivelul generatorului de frig (sursei de frig); $Q_{neconvCTA}$ – energie neconvențională utilizată pentru răcire, la nivelul centralei de tratare a aerului CTA; $Q_{pierd aer}$ – energia consumată pentru tratarea pierderilor de aer prin neetanșeitățile conductelor și datorită încălzirii aerului rece vehiculat în sistem; $Q_{pierd ar}$ – energia consumată datorită încălzirii apei în rețelele de apă rece, la transport, distribuție etc, datorită căldurii care pătrunde în sistem; $Q_{pierdGTF}$ – pierderi în sistemul de generare a frigului, Q_{aux} – energie primară consumată pentru echipamente auxiliare (pompe, ventilatoare), care include energia suplimentară datorită pierderilor de aer din sistem, prin neetanșeitățile conductelor.

2.4.4. Definirea conturului clădirii și a zonelor de calcul

Pentru o abordare corectă a calculului energetic, trebuie definit de la început conturul clădirii. De asemenea, în caz de necesitate, se delimitează zonele interioare de calcul, caracterizate prin temperatură prescrisă diferită și/sau de scenarii diferite de utilizare; în acest caz bilanțul termic trebuie efectuat la nivelul fiecărei zone. Prin urmare, pentru calcul pot apare următoarele situații:

- întreaga clădire poate fi modelată ca o singură zonă,
- clădirea poate fi divizată în mai multe zone interioare (calcul multi-zonal), ținând cont de cuplajul termic dintre zone,
- clădirea poate fi divizată în mai multe zone interioare (calcul multi-zona), fără a ține cont de cuplajul termic dintre zone.

2.4.4.1 Limitele clădirii

Limitele clădirii cuprind toate elementele componente ale anvelopei ce separă spațiul răcit sau încălzit (condiționat) de mediul exterior (aer, apă, sol), de alte zone climatizate sau de zonele adiacente neclimatizate.

Aria pardoselii A_p corespunde pardoselii utile. Aria se va calcula utilizând dimensiunile interioare ale încăperii. (Pentru detalii vezi partea I a Metodologiei).

2.4.4.2 Definirea zonelor termice ale clădirii

Din punct de vedere termic, clădirea poate fi considerată:

- ca o singură zonă termică sau:
- clădirea poate fi divizată în mai multe zone interioare, ținând cont de cuplajul termic dintre zone,
- clădirea poate fi divizată în mai multe zone interioare, fără a ține cont de cuplajul termic dintre zone.

Partiționarea clădirii în "zone termice" este necesară în cazul următoarelor situații :

- a) spațiile sunt răcite pe cale mecanică și temperaturile prescrise pentru răcire diferă cu mai mult de 4 K;
- b) există mai multe sisteme de încălzire/răcire ce funcționează simultan și acoperă arii diferite în interiorul clădirii climatizate,
- c) Există mai multe sisteme de ventilare ce deservește diferite zone ale clădirii climatizate; dacă există un sistem de ventilare ce deservește mai mult de 80% din volumul clădirii (zonei), celelalte spații se consideră deservite de același sistem, considerat ca "sistem principal",
- d) Debitele de ventilare a spațiilor climatizate, raportate la 1 m² de pardoseală utilă, diferă între ele cu mai mult de 4 ori. Aceasta condiție nu este aplicabilă atunci când ușile de separare dintre spațiile ventilate sunt supuse unor deschideri frecvente sau când mai mult de 80% din aria pardoselii are aceeași rată de ventilare (număr de schimburi orare).

Fiecare zonă termică interioară poate fi caracterizată de parametri diferiți (temperatură) sau scenarii diferite de temperatură pe durata unei zile. În cazul definirii mai multor zone, bilanțul termic se efectuează separat pentru fiecare zonă în parte.

Spațiile neclimatizate de dimensiuni reduse pot fi incluse în cadrul unui spațiu mare climatizat dar în acest caz trebuie privite și ele ca spații climatizate.

Decizia cu privire la luarea în considerare sau nu a cuplajului termic dintre zone depinde de scopul calculului și de complexitatea clădirii și a sistemelor sale.

Dacă o clădire este divizată în mai multe zone, fără cuplaj termic între zone, calculul se face utilizând procedura monozonă pentru fiecare zonă în parte și presupunând frontiere adiabactice între zonele adiacente.

Dacă nici una dintre cele două proceduri mai sus enunțate ("monozonă", respectiv "multizonă fără cuplaj termic între zone") nu poate fi aplicată, se recurge la procedura de calcul multizonă cu cuplaj termic între zone.

2.4.4.2.1 Calculul monozonă

Dacă se aplică ipoteza de calcul a clădirii formate dintr-o singură zonă, iar zona respectivă cuprinde spații cu temperaturi prescrise diferite (cu diferențe mai mici de 4K), temperatura interioară în perioada de răcire se scrie ca o medie ponderată dintre temperaturile interioare din aceleași zone (θ_j) cu suprafețele pardoselilor zonelor j ($A_{p,j}$):

$$\theta_i = \frac{\sum_j A_{p,j} \theta_{i,j}}{\sum_j A_{p,j}} \quad (2.26)$$

în care :

$\theta_{i,j}$ temperatura prescrisă a spațiului j în perioada de răcire, [°C];
 $A_{p,j}$ aria pardoselii utile a spațiului j , [m²];

Dacă se aplică procedura de calcul monozonă iar zona respectivă cuprinde spații cu utilizări diferite (relativ la surse de căldură interioare, ore de iluminat, de ventilare, debite de ventilare etc.) se va utiliza ca valoare a temperaturii zonei, o medie ponderată cu parametrii stabiliți în funcție de utilizare, de același tip cu media ponderată a temperaturilor.

2.4.4.2.2 Calculul multizonă, fără cuplaj termic dintre zone

Pentru calculul multizonă fără cuplaj termic între zone, orice transfer termic prin transmisie sau prin transport de aer dintre zone nu este luat în considerare. Din acest motiv, calculul multizonă fără cuplaj termic reprezintă o procedură de aplicare succesivă a calculului monozonă. Cu toate acestea, condițiile la limită și inițiale pot fi cuplate, de exemplu, pentru cazul zonelor deservite de același sistem de răcire sau care au aceleași surse interioare de căldură.

Pentru zonele deservite de același sistem de răcire, energia necesară este egală cu suma energiilor necesare calculate pentru fiecare zonă în parte (conform § 2.4.13).

Pentru zonele care nu sunt deservite de același sistem de răcire, energia consumată este egală cu suma energiilor consumate (utilizate) calculate pentru fiecare zonă a clădirii în parte (conform § 2.4.13).

2.4.4.2.3 Calculul multizonă, considerând cuplajul termic dintre zone

Pentru calculul multizonă care consideră cuplajul termic dintre zone, este luat în considerare orice transfer termic prin transmisie sau prin transport de aer interzone. Procedura de calcul pentru acest caz este detaliată în Anexa II.2.B.

2.4.5 Necesarul de energie pentru răcire

2.4.5.1 Procedura de calcul

Această procedură este utilizată pentru a obține necesarul de energie pentru răcire pentru întreaga clădire sau pentru o zonă a acesteia, conform următoarelor etape de calcul:

- calculul transferului de căldură prin transmisie, conform § 2.4.7;
- calculul transferului de căldură prin ventilare, conform § 2.4.8;
- calculul aporturilor de căldură de la sursele interioare, conform § 2.4.9;
- calculul aporturilor solare, conform § 2.4.10
- calculul parametrilor dinamici, conform § 2.4.11
- calculul necesarului total de energie pentru răcire Q_R conform § 2.4.12.

2.4.5.2. Relații generale de calcul

Pentru fiecare zonă a clădirii, necesarul de energie pentru răcire, pentru fiecare lună de calcul se calculează conform relației:

$$Q_R = Q_{\text{surse},R} - \eta_R Q_{\text{Tr},R} \quad \text{pentru situația } Q_R > 0, \quad (2.27)$$

în care:

- Q_R - energia necesară pentru răcirea clădirii, [MJ];
- $Q_{\text{Tr},R}$ - energia totală transferată între clădire și mediul exterior, în situația răcirii clădirilor, [MJ];
- $Q_{\text{surse},R}$ - energia totală furnizată de sursele de căldură, în situația răcirii clădirii, [MJ];
- η_R - factorul de utilizare a **pierderilor de căldură, în situația răcirii**; cf. § 2.4.11

Observație - Pentru simplificarea scrierii, în cele ce urmează nu se va mai utiliza indicele “R”, caracteristic situației de răcire, toate evaluările fiind făcute pentru această situație.

Transferul de căldură total dintre clădire și mediul adiacent neclimatizat se scrie:

$$Q_{\text{Tr}} = Q_T + Q_V \quad (2.28)$$

în care, pentru fiecare zonă și pentru fiecare perioadă de calcul:

- Q_{Tr} - căldura totală transferată, [MJ];
- Q_T - căldura transferată prin transmisie, v. § 2.4.7, [MJ];
- Q_V - căldura transferată prin aerul de ventilare, v. § 2.4.8, [MJ];

În funcție de diferențele de temperatură cu care se calculează termenii Q_T și Q_V și de coeficienții de transfer, (relațiile 2.30 și 2.33), termenul Q_{Tr} poate fi negativ (căldură extrasă din clădire) sau pozitiv (căldură care pătrunde în clădire) – vezi fig. 2.4.

Căldura totală de la sursele interioare, Q_{surse} :

$$Q_{\text{surse}} = Q_{\text{int}} + Q_S \quad (2.29)$$

în care:

- Q_{int} - căldura degajată de sursele interioare, [MJ];
- Q_S - căldura provenită de la soare, [MJ].

Sistemele de încălzire/răcire constituie ele însele surse interioare de căldură, uneori negative (care absorb căldură). Deoarece căldura datorată acestor surse, depinde de necesarul de energie al clădirii, trebuie să se facă un calcul în două etape: inițial se evaluează necesarul de energie al clădirii fără aceste surse și după aceea se include și energia care provine de la aceste surse.

2.4.6. Durată sezonului de răcire

Pentru această metodă de calcul, durata sezonului de răcire se determină prin numărarea zilelor pentru care energia necesară pentru răcire este mai mare ca zero; pentru lunile caracterizate de un raport ”pierderi/surse interne” ridicat, se aplică un factor de corecție <1 . Metoda este similară celei expuse la § 1.5.11.2 pentru calculul duratei sezonului de încălzire.

Durată sezonului de răcire poate fi redusă prin aplicarea unor tehnici care conduc la economii de energie pentru răcire (de exemplu, prin utilizarea ventilării nocturne); în aceste situații este necesară evaluarea perioadelor de funcționare ale eventualelor sisteme auxiliare, păstrând pentru calculul necesarului de energie, doar perioada de timp în care funcționează sistemul de răcire de bază.

2.4.7. Transferul de căldură prin transmisie (conducție)

2.4.7.1. Calculul energiei disipate de clădire prin transmisie

Fluxul de căldură total prin transmisie este calculat pentru fiecare lună a anului și pentru fiecare clădire/zonă, cu relația:

$$Q_T = \sum_k \{ H_{T,k} \cdot (\theta_i - \theta_{e,k}) \} \cdot t \quad (2.30)$$

în care:

$H_{T,k}$ - coeficientul de transfer de căldură prin transmisie, al elementului k , către spațiul sau zona de temperatură $\theta_{e,k}$, [W/K];

θ_i - temperatura interioară a clădirii sau a zonei, cf. § 2.4.12,

$\theta_{e,k}$ - temperatura spațiului, a mediului exterior sau a zonei adiacente elementului k ,

t - durata de calcul, determinată conform **Anexei II.2.A**, [Ms].

2.4.7.2. Coeficienții de transfer termic prin transmisie

Valorile coeficienților de transfer de căldură prin transmisie, $H_{T,k}$ ai elementelor k , se stabilesc conform părții I a Metodologiei. În continuare se fac numai câteva precizări importante.

Pentru fereastre, raportul dintre aria tâmplăriei și aria vitrată trebuie determinată de asemenea conform părții I a Metodologiei. Ca o simplificare, se admite utilizarea aceluiași raport pentru toate ferestrele clădirii, de regulă 0,3 sau 0,2, valori ce conduc în cazul răcirii, la o valoare mai mică a coeficientului global de transfer termic prin fereastră U_F .

Transferul de căldură prin transmisie cuprinde atât transferul prin suprafețele corespunzătoare elementelor ce delimitează zonele de temperaturi diferite, cât și cel datorat punților termice punctuale sau liniare.

În cazul unor proprietăți termofizice diferite ale elementelor de construcție pentru situațiile de încălzire și răcire, trebuie considerate valori diferite ale coeficienților de transmisie pentru fiecare mod în parte. Acest lucru apare evident în special în cazul ferestrelor cu jaluzele (sau alte elemente de umbrire) reglabile pe poziții de iarnă sau de vară, în cazul transferului prin sol sau către spații puternic vitrate.

În cazul transferului de căldură prin sol, se face o diferențiere între coeficientul de transfer prin transmisie aferent situației de iarnă și cel corespunzător situației de vară, întrucât acești coeficienți includ atât efectele de regim staționar (caracteristice transferului perimetral) cât și pe cele periodice (caracteristice transferului prin suprafață).

În calculul coeficientului de transfer termic către o zonă adiacentă neclimatizată, se utilizează un factor de reducere b subunitar, pentru a ține cont de diferența de temperatură mai redusă în realitate față de cazul în care transferul are loc direct către mediul exterior.

Valoarea temperaturii $\theta_{e,k}$ se stabilește în funcție de următoarele situații :

- **Transfer de căldură spre mediul exterior** : în acest caz $\theta_{e,k}$ este egală cu temperatura mediului exterior, determinată conform anexei II.2.A.

- **Transfer de căldură către o zonă adiacentă climatizată** : temperatura $\theta_{e,k}$ este egală în acest caz cu valoarea prescrisă a temperaturii din zona climatizată.

- **Transfer de căldură către o zonă adiacentă neclimatizată** : temperatura $\theta_{e,k}$ este egală cu temperatura mediului exterior, determinată conform anexei II.2.A ;

- **Transfer de căldură către spații adiacente foarte vitrate (tip seră)**: în acest caz, trebuie urmată aceeași procedură ca în cazul spațiilor adiacente neclimatizate.

Efectul radiației solare asupra temperaturii ce se stabilește în interiorul spațiilor foarte vitrate este luat în considerare ca parte din calculul referitor la aporturile solare, dezvoltat în cadrul capitolului 2.4.10.

- **Pentru calculul cu zone cuplate termic**, transferul de căldură către spațiile adiacente climatizate ține cont de o temperatură $\theta_{e,k}$ egală cu temperatura spațiului(ilor) adiacente, conform anexei II.2.B ;

- **Pentru calculul cu zone necuplate termic**, transferul de căldură către alte zone climatizate nu se ia în considerare;

- **Transferul de căldură către sol:** în acest caz, temperatura $\theta_{e,k}$ este egală cu temperatura mediului exterior, determinată conform anexei II.2.A.

- **Transfer de căldură către clădirile adiacente:** temperatura $\theta_{e,k}$ reprezintă temperatura clădirii adiacente, bazată pe valori care corespund structurii și utilizării acesteia din urmă.

2.4.7.3. Efectul protecției nocturne

Efectul radiației nocturne trebuie luat în considerare mai ales în cazul ferestrelor protejate prin dispozitive exterioare (obloane sau jaluzele). Pentru aceasta, se introduce un factor adimensional stabilit în funcție de căldura acumulată în fereastră, care la rândul său, depinde de modul de utilizare a dispozitivelor de protecție:

$$U_{F,cor} = U_{F+p} \cdot f_p + U_F (1 - f_p) \quad (2.31)$$

în care:

$U_{F,cor}$:	coeficientul global de transfer termic corectat pentru ansamblul fereastră-protecție [W/m ² K];
U_F	coeficientul global de transfer termic pentru fereastra neprotejată, [W/m ² K];
U_{F+p}	coeficientul global de transfer termic pentru fereastra+ protecție, [W/m ² K];
f_p	factor adimensional funcție de căldura acumulată în fereastră și de temperatura interioară prescrisă.

Coeficientul global U_{F+p} corespunde perioadei de la apusul Soarelui până la ora 7 dimineața pentru toate zilele în care temperatura exterioară medie zilnică este mai mică de 10°C, iar coeficientul global al ferestrei, considerată neprotejată, este U_F la toate orele.

Scenariile (orarele) de închidere a jaluzelelor sunt în general diferite de la o regiune la alta și pot fi diferite de asemenea în funcție de tipul de utilizare a clădirii.

2.4.7.4. Situații speciale

Sunt necesare metode particulare pentru a calcula influența următoarelor elemente de construcție speciale:

- Pereți solari ventilați;
- Alte elemente ventilate ale anvelopei;
- Surse interioare de joasă temperatură.

Dacă o sursă interioară de căldură cu potențial important, are o temperatură apropiată de temperatura interioară, cantitatea de căldură transferată aerului interior este puternic dependentă de diferența de temperatură dintre temperatura sursei și cea a aerului ambiant; în acest caz, sursa nu trebuie modelată ca orice sursă interioară, ci trebuie reprezentată în cadrul transferului de căldură prin transmisie. Temperatura $\theta_{e,k}$ reprezintă în acest caz temperatura sursei, iar valoarea coeficientului de transmisie $H_{t,k}$ al elementului este egală cu produsul dintre suprafața expusă [m²] și coeficientul de transfer termic U [W/m²K].

2.4.8. Transferul de căldură prin ventilație

2.4.8.1. Calculul energiei disipate de clădire prin ventilație

Energia disipată de clădire prin ventilație, se calculează în fiecare zonă conform relației:

$$Q_V = \sum_k \{ H_{V,k} (\theta_i - \theta_{int,k}) \} \cdot t \quad (2.32)$$

în care:

- Q_V energia totală transferată de zona z , prin ventilare, în MJ;
 $H_{V,k}$ coeficientul de transfer prin ventilare datorat aerului refulat în zona z , prin elementul k , [W/K];
 $\theta_{intr,k}$ temperatura de introducere (refulare), [K];
 θ_i temperatura interioară a clădirii (zonei) conform § 2.4.12, [K];
 t durata de calcul, determinată conform **Anexei II.2.A**, [Ms].

Observație - Q_V se va introduce cu semnul rezultat din calcul. Valoarea negativă a fluxului Q_V indică un aport de căldură prin aerul de ventilare.

2.4.8.2. Coeficienții de transfer termic prin ventilare

Valorile coeficientului de transfer pentru ventilare $H_{V,k}$ corespunzător elementului k traversat de debitul volumic de aer $\dot{V}_{V,k}$ sunt date în § 2.6, în funcție de valorile temperaturii de introducere $\theta_{intr,k}$ ale acestui debit, pentru una din următoarele situații:

- **ventilare naturală inclusiv infiltrații de aer din exterior** – în acest caz $\theta_{intr,k}$ este egală cu temperatura aerului exterior θ_e conform **Anexei A**;
- **ventilare naturală ce include infiltrații de aer din încăperile adiacente neconditionate sau din poduri, mansarde sau alte spații închise însoțite (sere)** – în acest caz, $\theta_{intr,k}$ este egală cu temperatura echivalentă a spațiilor adiacente, conform **Anexei A**;
- **pentru calculul zonelor cuplate, ventilarea include infiltrația de la zonele adiacente** - $\theta_{intr,k}$ este egală cu temperatura acestor zone, conform **Anexei B**;
- **ventilare provenită de la un sistem de ventilare mecanică** – caz în care $\theta_{intr,k}$ este egală cu temperatura de introducere a aerului ce intră prin acest tip de sistem, determinată conform § 2.6. Pentru sisteme ce utilizează recuperatoare de căldură, condițiile sunt precizate în continuare.

În cazul în care debitul de aer volumic $\dot{V}_{V,k}$ este cunoscut (dată de intrare), coeficientul de transfer de căldură prin ventilare $H_{V,k}$ poate fi calculat pentru fiecare zonă a clădirii și pentru fiecare lună de calcul, conform relației:

$$H_{V,k} = \rho_a c_a \dot{V}_{V,k}, \quad (2.33)$$

în care:

- $\dot{V}_{V,k}$ debitul volumic aferent elementului aerului k , [m³/s], conform § 2.6;
 $\rho_a c_a$ capacitatea calorică a aerului refulat poate fi considerată cu valoarea de 1200 J/m³K

2.4.8.3. Situații speciale

În cazul unor proprietăți diferite ale aerului în funcție de sezon sau de tipul de sistem utilizat și scenariul sezonier sau zilnic de funcționare (de ex. ”vara/iarna”, ”ventilare de zi/de noapte”, ”cu recuperarea căldurii/fără recuperarea căldurii”), trebuie considerate valori diferite pentru temperatura de refulare $\theta_{intr,k}$ și pentru capacitatea calorică a aerului refulat, conform stării aerului refulat.

2.4.8.3.1. Cazul utilizării recuperatoarelor de căldură

Intrucât prezența unei unități de recuperare a căldurii reprezintă un element important în bilanțul de căldură al clădirii sau zonei (influențează utilizarea aporturilor de la sursele interioare, supraîncălzirea zonei etc.), efectul utilizării recuperării căldurii asupra temperaturii aerului introdus trebuie luat în considerare în mod particular în calculul necesarului de energie pentru răcire. Recuperarea căldurii din aerul evacuat se ia în considerare prin reducerea debitului de aer real, proporțional cu eficiența recuperatorului sau înlocuind temperatura exterioară cu temperatura aerului introdus, obținută ca funcție de temperatura zonei și de eficiența recuperatorului.

Pentru a determina datele de intrare în situația recuperării căldurii, trebuie ținut cont de următoarele aspecte:

- valorile coeficientului de transfer termic pentru ventilare $H_{V,k}$ sau ale debitului de aer volumic refulat $\dot{V}_{V,k}$, ale temperaturii aerului introdus și energia adițională utilizată în sistem (aferentă puterii ventilatoarelor, dezghețului etc.) trebuie să se folosească aceleași date climatice utilizate pentru toate calculele din această metodă, conform celor specificate în Anexa II.2.A;
- dacă unitatea de recuperare a căldurii nu are un bypass acționat în funcție de temperatura interioară sau în funcție de sezon, acest lucru trebuie luat în considerare permanent prin calculul efectiv al temperaturii de introducere $\theta_{intr,k}$ rezultată de trecerea aerului exterior prin recuperator;
- dacă unitatea de recuperare a căldurii este oprită sau by-passată pentru a reduce riscul de îngheț al aerului în recuperator, modelul de calcul trebuie să țină cont de acest lucru; de asemenea, în măsura posibilităților, trebuie să se ia în considerare și eventualele surse de căldură din aerul exterior ce pot modifica temperatura aerului ce intră în recuperator și implicit, cea de ieșire din aparat $\theta_{intr,k}$.

2.4.8.3.2. Cazul ventilării nocturne

Efectul ventilării nocturne poate fi evaluat astfel :

- debitul volumic mediu suplimentar și factorii de corecție ce țin cont de diferența de temperatură, de efectele dinamice și de eficiența sistemului, se calculează conform relației :

$$\Delta \dot{V}_{V,k} = c_{temp} c_{din} c_{efic} \dot{V}_{V,extra,k} \quad (2.34)$$

în care:

$\Delta \dot{V}_{V,k}$	termen de debit suplimentar datorat ventilării nocturne, în m ³ /s ;
c_{temp}	coeficient adimensional ce ține cont de temperatura nocturnă în raport cu temperatura medie pe 24 de ore ; în lipsa unor valori bine precizate, se poate lua $c_{temp}=1$;
c_{din}	coeficient adimensional ce ține cont de inerția construcției ; în lipsa unor valori bine precizate, se poate lua $c_{din}=1$;
c_{efic}	coeficient adimensional ce ține cont de eficiența sistemului de ventilare nocturnă ; în lipsa unor valori bine precizate, se poate lua $c_{efic}=1$;
$\dot{V}_{V,extra,k}$	debitul suplimentar datorat ventilării nocturne, în m ³ /s ;

- în timpul perioadei de răcire, trebuie precizate ca date suplimentare de intrare, scenariile de funcționare "zilnic" și "săptămânal" ale sistemului de ventilare nocturn, ca și debitul volumic de aer suplimentar.

Acest debit suplimentar poate fi calculat în funcție de tipul clădirii, climat, expunere la vânt, utilizare etc. Debitul de aer nocturn suplimentar $\dot{V}_{V,extra,k}$ trebuie însumat la debitul diurn $\dot{V}_{V,k}$ pe perioada de noapte, adică între orele 23 pm și 7 am, pentru toate zilele corespunzătoare perioadei de răcire.

Sunt posibile scenariile diferite de funcționare în raport cu cel prezentat. Ele pot diferi funcție de ziua săptămânii, de zilele de weekend și de tipul de utilizare al clădirii. Un exemplu în acest sens este redat în Anexa II.2.D

2.4.8.3.3. Alte situații speciale

Sunt necesare metode de calcul speciale atunci când sunt întâlnite următoarele situații:

- pereți solari ventilați;
- alte elemente de anvelopă cu strat de aer ventilat;
- pompe de căldură ce utilizează aerul evacuat ca sursă termică; dacă debitul de aer necesar funcționării corecte a pompei de căldură este mai mare ca debitul ce ar fi trebuit introdus în calcul ca dată de intrare, trebuie utilizată valoarea maximă dintre cele două debite.

2.4.9. Degjări de căldură de la surse interioare

2.4.9.1. Calculul energiei disipate de sursele interioare de căldură

Sursele de căldură interioare, inclusiv cele cu contributii negative la bilantul termic, constau din orice tip de căldură degajată la interiorul spațiului conditionat, (altele decât căldura introdusă controlat pentru încălzirea și răcirea acestui spațiu sau cea utilizată pentru prepararea apei calde de consum).

Aceste surse de căldură includ:

- căldura metabolică degajată de ocupanții spațiului;
- căldura degajată de aparate electrice aflate în încăpere și de corpurile de iluminat;
- căldura degajată sau absorbită datorită curgerii apei calde și reci prin instalațiile ce strabat încăperea, inclusiv cele de canalizare;
- căldura disipată sau absorbită de instalațiile de ventilare, încălzire sau răcire, în afară celei introduse controlat pentru climatizarea spațiului respectiv;
- căldura ce rezultă (sau care este absorbită) din procesele tehnologice desfășurate în încăpere sau din prepararea hranei.

Energia totală disipată de sursele de căldură, în situația răcirii clădirii, într-o zonă a acesteia, $Q_{surse,R}$ se calculează cu relația:
(Pentru simplificarea scrierii, în cele ce urmează, nu se va mai folosi indicele "R" corespunzător răcirii)

$$Q_{surse} = \sum_k Q_{surse,k} + \sum_l (1 - b_l) * Q_{surse,nc,l} \quad (2.35)$$

în care:

$$Q_{surse,k} = \Phi_{surse,med,k} t$$
$$Q_{surse,nc,l} = \Phi_{surse,med,nc,l} t$$

unde:

Q_{surse}	energia furnizată de sursele interioare de căldură în timpul lunii considerate, [MJ];
$Q_{surse,k}$	energia furnizată de sursa k în spațiul climatizat, în timpul sezonului sau lunii considerate, [MJ];
$Q_{surse,nc,l}$	energia furnizată de sursa interioară l dintr-un spațiu adiacent neclimatizat, în timpul sezonului sau lunii considerate, [MJ];
b_l	factor de reducere al efectului sursei interioare l din spațiul adiacent neclimatizat,
$\Phi_{surse,med,k}$	fluxul de căldură mediu degajat de sursa interioară k , obținut pe baza datelor definite la § 2.4.9.2, [W];

$\Phi_{surse,med,nc,l}$	fluxul de căldură mediu degajat de sursa interioară l , aflată în spațiul adiacent neclimatizat, obținut pe baza datelor definite în § 2.4.9.2, [W];
t	durată perioadei de calcul (luna sau sezon), conform Anexei II.2.A, [Ms];

Un spațiu adiacent neclimatizat reprezintă un spațiu neclimatizat aflat în afară conturului ce delimitează spațiul pentru care se calculează necesarul de energie pentru răcire. În cazul unui spațiu neclimatizat adiacent mai multor zone climatizate, valoarea fluxului de căldură $\Phi_{surse,med,nc,l}$ cedat spațiului climatizat datorită sursei l , trebuie divizată pentru fiecare zonă climatizată în parte.

2.4.9.2. Fluxul de căldură mediu degajat de sursele interioare

Pentru calcularea degajărilor de căldură de la sursele interioare, se fac următoarele precizări:

- o parte din căldura degajată de sursele interioare, poate fi recuperată fie în clădire, fie chiar în sistemul care se calculează, fie în alt sistem; în cele ce urmează se consideră numai căldura recuperată în clădire;
- pentru simplificare, cantitățile mici de căldură disipate în sistem și recuperate în clădire pot fi ignorate în calculul necesarului de energie pentru răcire, putând fi evaluate în cadrul calculului performanței energetice globale a sistemului, prin introducerea unor factori de corecție;
- o sursă rece, ce contribuie la eliminarea unei cantități de căldură din zona de calcul trebuie tratată ca o sursă obișnuită, dar de semn opus (negativă);
- dacă o sursă caldă de mărime importantă are o temperatură apropiată de cea a mediului ambiant interior, fluxul de căldură degajat depinde în mod esențial de diferența de temperatură dintre sursa și mediu; în acest caz, acest flux va fi luat în considerare ca transfer de căldură prin transmisie, (cf. § 2.4.7.4.)

Cu aceste observații, fluxul total de căldură datorat surselor interioare se scrie:

$$\Phi_{surse} = \Phi_{oc} + \Phi_{ap,e} + \Phi_{il} + \Phi_{acm+c} + \Phi_{i,r,V} + \Phi_{proc} \quad (2.36)$$

în care:

Φ_{surse}	fluxul de căldură total datorat surselor interioare, cedat încăperii climatizate, [W];
Φ_{oc}	fluxul de căldură cedat de ocupanți, cf. § 2.4.9.2.1., [W];
$\Phi_{ap,e}$	fluxul de căldură cedat de aparatura electrică, cf. § 2.4.9.2.1., [W];
Φ_{il}	fluxul de căldură cedat de iluminat, cf. § 2.4.9.2.2., [W];
Φ_{acm+c}	fluxul de căldură cedat de instalațiile de apă caldă menajeră și canalizare, cf. § 2.4.9.2.3 și cap.3, [W];
$\Phi_{i,r,V}$	fluxul de căldură cedat de instalațiile de încălzire, răcire și ventilare, cf. § 2.4.9.2.4., [W];
Φ_{proc}	fluxul de căldură cedat de procese tehnologice și prepararea hranei, cf. § 2.4.9.2.5., [W];

2.4.9.2.1. Căldura metabolică degajată de ocupanți și căldura de la aparatura electrică

Valorile orare și săptămânale ale fluxului de căldură cedat de ocupanți și de aparatura electrică aflată în încăpere trebuie determinate în funcție de tipul și gradul de ocupare al clădirii, de modul de utilizare a clădirii, și de scopul calculului.

În absența altor valori, pot fi utilizate datele din Anexa II.2.D, în care există informații detaliate pentru clădiri rezidențiale și din domeniul terțiar, cât și valori globale pentru un anumit număr de utilizări ale clădirilor.

2.4.9.2.2. Căldura degajată de la iluminatul artificial

Valoarea fluxului de căldură degajat de la iluminat Φ_{il} este suma dintre:

- fluxul de căldură cedat de corpurile de iluminat și
- fluxul de căldură degajat de alte aparate de iluminat prezente în încăpere și care nu fac parte din prima categorie : corpuri de iluminat decorative, iluminat de siguranță, lampi speciale, îngropate etc. Pentru toate aceste dispozitive, trebuie utilizate valorile existente în documentația de specialitate, în funcție de utilizarea clădirii și scopul calculului.

Observație : Fluxul de căldură nu cuprinde căldura evacuată direct prin sistemul de ventilație utilizat pentru evacuarea căldurii de la corpurile de iluminat (dacă este utilizat un astfel de sistem).

2.4.9.2.3. Căldura degajată de la instalațiile de apă caldă, apă rece și canalizare

Fluxul de căldură cedat/primit de instalațiile de apă rece, apă caldă de consum și canalizare către/de la încăperea climatizată, se scrie conform relației:

$$\Phi_{acm+c} = \Phi_{acm,circ} + \Phi_{acm,necirc} + \Phi_{ar+c} \quad (2.37)$$

în care:

$$\Phi_{acm,circ} = \varphi_{acm,circ} \cdot L_{acm,circ}$$

unde:

Φ_{acm+c}	fluxul de căldură cedat/primit de instalațiile de apă rece, apa caldă de consum și canalizare, [W] ;
$\Phi_{acm,circ}$	flux de căldură datorat apei calde din sistemul de circulație permanentă, [W];
$\Phi_{acm,necirc}$	fluxul de căldură datorat apei calde de consum în afară sistemului de circulație, [W];
Φ_{ar+c}	fluxul de căldură datorat circulației apei reci și canalizării interioare, [W];
$\varphi_{acm,circ}$	fluxul de căldură unitar cedat de instalația de apă caldă de consum, [W/m] ;
$L_{acm,circ}$	lungimea conductelor din sistemul de circulație a apei calde menajere din zona de clădire considerată, [m].

Valoarea fluxului de căldură unitar $\varphi_{acm,circ}$ precum și fluxul de căldură datorat apei calde de consum în afară sistemului de circulație, $\Phi_{acm,necirc}$ precum și fluxul de căldură datorat circulației apei reci și canalizării interioare, Φ_{ar+c} se determină conform capitolului 3. Dacă se apreciază ca fiind neimportante în raport cu alte fluxuri de căldură, ele pot fi neglijate.

2.4.9.2.4. Căldura disipată sau absorbită de la sistemele de încălzire, răcire și ventilație

Fluxul de căldură disipat de la sistemele de încălzire, răcire și ventilație se scrie :

$$\Phi_{I,R,V} = \Phi_I + \Phi_R + \Phi_V \quad (2.38)$$

în care :

$\Phi_{I,R,V}$	fluxul de căldură total, disipat de la sistemele de încălzire, răcire și ventilație
Φ_I	flux de căldură de la sistemul de încălzire din spațiul climatizat, [W];
Φ_R	flux de căldură de la sistemul de răcire din spațiul climatizat, [W];
Φ_V	flux de căldură de la sistemul de ventilație din spațiul climatizat, [W];

Observații pentru încălzire:

Valoarea fluxului de căldură de la sistemul de încălzire Φ_I se referă la disiparea de căldură în zona considerată, provenită de la surse de energie auxiliară (pompe, ventilatoare și componente

electronice), precum și la căldura disipată în procesele de emisie, circulație, distribuție și înmagazinare a căldurii din sistemul de încălzire. Aceste date trebuie considerate, fie ca medii lunare, fie ca o medie pe întreg sezonul de încălzire.

Observații pentru sistemul de răcire:

Valoarea fluxului de căldură provenit de la sistemul de răcire Φ_R se referă la sursele de energie auxiliară (pompe, ventilatoare și componente electronice) din zona considerată precum și la căldura disipată în procesele de emisie, circulație, distribuție și stocare din sistemul de răcire. Pentru această metodă, aceste date trebuie obținute ca valori medii lunare.

Observații pentru ventilare:

Valoarea fluxului de căldură transferat de la sistemul de ventilare, Φ_V se referă la căldura disipată în zona de calcul de către sistemul de ventilare. Căldura disipată datorită aerului care este introdus în zona respectivă, trebuie luată în considerare printr-o creștere a temperaturii de introducere și de aceea nu trebuie considerate ca o sursă interioară în sine.

Căldura de la sistemul de ventilare care nu conduce la creșterea temperaturii aerului introdus, include de exemplu căldura disipată de motoarele ventilatoarelor plasate înafara curentului de aer și de ventilatoarele locale care brasează aerul.

Observație : Înainte de a calcula căldura disipată sau absorbită de la sistemele de încălzire sau răcire, este de multe ori nevoie de a calcula necesarul de energie de încălzire sau răcire fără a lua în calcul aceste surse potențiale.

2.4.9.2.5. Căldura degajată de la procese tehnologice și prepararea hranei

Fluxul de căldură transferat către sau de la încăperea ce rezultă din procese tehnologice sau de preparare a hranei - Φ_{proc} - depinde de tipul de utilizare a clădirii și de scopul calculului și poate fi determinat pe baza documentației de specialitate.

2.4.10 Aporturi de căldură solare

2.4.10.1 Calculul aporturilor solare totale

Aporturile de căldură solare sunt funcție de radiația solară la nivelul localității în care se află clădirea, de orientarea suprafețelor receptoare, de coeficienții lor de transmitere, absorbție și reflexie a radiației solare, precum și de caracteristicile de transfer ale acestor suprafețe. Pentru a lua în considerare aria și caracteristicile suprafeței de captare a radiației solare, precum și efectul umbririi acestea se introduce în calcule mărimea denumită arie de captare efectivă.

Astfel, energia totală pătrunsă în interior, într-o zonă a clădirii, datorită radiației solare (aportul solar) se calculează cu relația:

$$Q_s = Q_{s,c} + \sum_j [(1 - b_j) Q_{s,nc,j}] \quad (2.39)$$

în care:

$$Q_{s,c} = \sum_k (I_{s,k} F_{su,k} A_{s,k}) \quad \text{și}$$

$$Q_{s,nc,j} = \sum_j (I_{s,j} F_{su,j} A_{s,j})_{nc}$$

unde:

Q_s energia solară totală pătrunsă în zona de calcul climatizată, pentru luna considerată, datorată aporturilor solare ale zonei de calcul și de la zonele adiacente (neclimatizate), [MJ];

$Q_{s,c}$	energia solară pătrunsă în zona de calcul, prin elementele perimetrice exterioare ale clădirii, pentru luna considerată, [MJ];
$Q_{s,nc,j}$	energia solară pătrunsă în zona de calcul pentru luna considerată, datorată aporturilor solare din zona adiacentă "j", neclimatizată), [MJ];
b_l	factor de reducere a aporturilor de la spațiul neclimatizat j,
$F_{su,k}$	factor de reducere a aporturilor solare datorită umbririi prin elemente exterioare, a ariei de captare efectivă corespunzătoare suprafeței k,
$A_{s,k}$	aria de captare efectivă a suprafeței k, pentru o orientare și un unghi de înclinare dat, în zona considerată, determinată conform § 2.4.10.2.1 (pentru suprafețe vitrate), și § 2.4.10.2.2 (pentru elemente de anvelopă opace),
$A_{s,j}$	aceeași interpretare ca la $A_{s,k}$, pentru aporturi solare către spațiul adiacent j neclimatizat, [m ²];
$I_{s,k}$	radiația solară totală integrată pe perioada de calcul, egală cu energia solară captată de 1 m ² al suprafeței k, pentru o orientare și înclinare dată a acesteia, ce se determină conform Anexei A, [MJ/m ²];
$I_{s,j}$	aceeași interpretare ca la $I_{s,k}$, pentru aporturi solare către spațiul adiacent j neclimatizat, [m ²];

Se ia în considerare în calcul un factor subunitar F_{su} denumit factor de reducere al aporturilor solare datorat umbririi exterioare. Acest factor reprezintă reducerea fluxului de căldură solar patruns în încăperea climatizată datorită prezentei unor elemente de umbrire permanente cum ar fi:

- clădiri învecinate;
- forme de relief învecinate (dealuri, copaci etc.);
- elemente de construcție exterioare ale clădirii (cornise, aticuri, balcoane etc.);
- retragerea fereastrei față de planul exterior al peretelui.

Factorul F_{su} se exprimă prin relația:

$$F_{su} = \frac{I_{su}}{I_s}$$

în care:

F_{su}	factor de reducere al aporturilor solare datorat umbririi exterioare
I_{su}	radiația totală primită de planul captator în prezența elementelor de umbrire exterioare, integrată pe perioada de calcul, [MJ/m ²];
I_s	radiația totală primită de planul captator în condițiile lipsei oricărui element de umbrire exterior, integrată pe perioada de calcul, [MJ/m ²];

Radiația solară directă este singura componentă redusă de obstacolele ce produc umbra; radiația difuză și cea reflectată de sol rămân neschimbate. Aceasta este echivalent cu un obstacol care, prin reflexie, produce aceeași radiație ca cea obstrucționată.

2.4.10.2. Arie de captare efectivă a radiației solare

Ariile de captare a radiației solare se determină pentru toate tipurile de elemente perimetrice ale unei clădiri, care captează radiația solară (suprafețe vitrate exterioare, elemente opace exterioare, pereți și planșee interioare din spații tip seră, precum și pereți aflați în spatele unor elemente de acoperire sau izolații transparente. Caracteristicile de captare ale acestor suprafețe depind de climatul local și de factori dependenți de perioada de calcul, cum ar fi poziția soarelui sau raportul dintre radiația directă și difuză. În consecință, trebuie alese valori medii adecvate scopului urmărit (încălzire, răcire sau verificarea confortului termic de vară).

2.4.10.2.1. Aria de captare efectivă a radiației solare pentru elemente vitrate

Aria de captare efectivă a unui element de anvelopă vitrat se calculează cu relația:

$$A_{S,F} = F_u \tau (1 - F_t) A_F \quad (2.41)$$

în care:

A_F	aria totală a elementului vitrat, inclusiv rama, [m ²];
F_t	factor de tâmplărie (de reducere a suprafeței ferestrei), egal cu raportul dintre aria ramei și aria totală a geamului;
F_u	factor de umbrire al ferestrei datorat dispozitivelor de umbrire mobile, cu care aceasta este prevăzută;
τ	factor de transmisie (transmitanța) a energiei solare prin elementul vitrat

Relativ la factorul de tâmplărie, pentru fiecare fereastră, ponderea ramei din aria efectivă de captare a ferestrei trebuie determinată conform specificațiilor tehnice ale ferestrelor. Ca o alternativă, se poate utiliza o pondere fixă a ramei pentru întreaga clădire $F_t = 0,2$.

Transmitanța elementului vitrat reprezintă media temporală a raportului dintre energia solară transmisă prin elementul vitrat neumbrit și energia solară incidentă. Transmitanța maximă se obține la incidență normală a radiației solare (unghi de incidență zero) și scade odată cu creșterea unghiului de incidență. Pentru a modela acest fenomen, se introduce un factor de corecție a transmitanței în funcție de unghiul de incidență, folosind relația:

$$\tau = F_\tau \tau_n \quad (2.42)$$

în care:

F_τ - factor de corecție a transmitanței

τ_n - transmitanța la incidență normală a radiației solare

Parte I a metodologiei stabilește metodele de calcul pentru determinarea transmitanței totale a suprafețelor vitrate echipate cu dispozitive de protecție solară.

Reducerea aporturilor solare prin utilizarea elementelor de umbrire mobile, se ia în considerare prin factorul de reducere a aporturilor, care se calculează cu relația:

$$F_u = \left[(1 - f_u) \tau + f_u \tau_u \right] / \tau \quad (2.43)$$

în care:

F_u	Factorul de reducere a aporturilor solare datorat elementelor de umbrire mobile
τ	transmitanța totală a ferestrei, în situația în care elementele de umbrire mobile nu sunt utilizate;
τ_u	transmitanța totală a ferestrei, în situația în care sunt utilizate elementele de umbrire mobile;
f_u	factor de corecție în funcție de durată de utilizare a elementelor de umbrire mobile.

Factorul f_u se determină pe baza unor așa cum este arătat în Anexa II.2.D.

Umbrirea elementelor vitrate trebuie luată în calcul atunci când radiația solară incidentă pe suprafața elementului la ora de calcul depășește 300 W/m² și neglijată dacă radiația este inferioară acestei valori de prag.

Ca o alternativă la această ipoteză, este posibilă definirea unor alte valori de prag la nivel național, diferențiate în funcție de tipul de control solar existent, cum ar fi:

- fără nici un fel de control solar;
- control manual al elementelor de umbrire mobile;
- control automat motorizat al acestor elemente;
- control automat inteligent al elementelor mobile

2.4.10.2.2. Aria de captare efectivă a radiației solare pentru elemente opace

Pentru situațiile de răcire vara sau a determinării condițiilor de confort de vară, aporturile solare prin elementele opace nu pot fi neglijate. Pe de altă parte, dacă pierderile de căldură prin radiație (către bolta cerească) sunt estimate ca importante, pierderile prin transmisie pot fi

intensificate în același timp, fapt modelat prin introducerea unui factor de corecție al efectului aperturilor solare asupra zonei climatizate.

Aria de captare efectivă a unui element opac de anvelopa (perete, terasă) $A_{s,p}$ (m^2) se calculează cu formula:

$$A_{s,p} = F_{cer} \alpha_p R_{p,se} U_p A_p \quad (2.44)$$

în care:

- F_{cer} factor de corecție ce ține cont de schimbul de căldură prin radiație al peretelui către bolta cerească, [m^2K/W];
- α_p coeficient de absorbție a radiației solare de către elementul opac considerat;
- A_p aria totală a peretelui considerat de calcul, [m^2];
- $R_{p,se}$ rezistența termică a elementului exterior opac, determinată conform Partea I a Metodologiei, [m^2K/W];
- U_p coeficientul global de transfer termic al peretelui, determinat conform Partea I a Metodologiei, [W/m^2K];

Factorul de corecție F_{cer} se calculează cu relația :

$$F_{cer} = \frac{1 - \varphi_{cer} t}{\alpha_p I_{s,p}} \quad (2.45)$$

în care :

- φ_{cer} fluxul de căldură unitar datorat transferului de căldură prin radiație către bolta cerească, [W/m^2];
- $I_{s,p}$ radiația solară totală integrată (energia solară) la nivelul elementului opac, [MJ/m^2];
- t perioada de calcul, [Ms];

Fluxul de căldura unitar transferat prin radiație către bolta cerească se scrie sub forma:

$$\varphi_{cer} = F_f h_{r,e} \Delta\theta_{e-cer} \quad (2.46)$$

în care:

- F_f factor de formă dintre elementul opac și bolta cerească (1 pentru terasă orizontală deschisă, nemască de vreun element constructiv, 0,5 pentru un perete exterior nemască);
- $h_{r,e}$ coeficient de transfer de căldură prin radiație la exterior, [W/m^2K];
- $\Delta\theta_{e-cer}$ diferența medie de temperatură dintre aerul exterior și temperatura aparentă a bolții cerești, [$^{\circ}C$];

Coeficientul de transfer de căldură prin radiație la exterior $h_{r,e}$ poate fi aproximat prin relația :

$$h_{r,e} = 4\varepsilon\sigma(\theta_{se} + 273)^3 \quad (2.47)$$

unde:

- ε emisivitatea suprafeței exterioare a peretelui;
- σ constanta Stefan-Boltzmann, egală cu $5,67 \cdot 10^{-8} W/(m^2K^4)$;
- θ_{se} media aritmetică dintre temperatura suprafeței exterioare a peretelui și temperatura bolții cerești, [$^{\circ}C$];

La o primă aproximare, $h_{r,e}$ poate fi luat egal cu $5 W/m^2K$, valoare ce corespunde la o temperatură medie a suprafeței exterioare de $10^{\circ}C$.

Atunci când temperatura bolții cerești nu este disponibilă în bazele de date climatice, pentru condițiile României, diferența medie de temperatură $\Delta\theta_{e-cer}$ va fi luată egală cu $11K$.

2.4.10.2.3. Aporturi de căldură solare în încăperi puternic vitrate (sky-domuri)

Ariile de captare efectivă a radiației solare în încăperile cu grad mare de vitrare (sky-domuri) nu pot fi calculate în același mod ca pentru ferestrele obișnuite; modul de calcul al aporturilor solare prin aceste elemente va fi descris de modele detaliate.

2.4.11. Calculul parametrilor dinamici

2.4.11.1 Calculul factorului de utilizare a pierderilor de căldură

În metoda de calcul lunară, efectele dinamice sunt luate în considerare prin introducerea unui factor de utilizare a pierderilor de căldură în situația răcirii. Efectul inerției termice a clădirii în cazul răcirii intermitente sau opririi furnizării frigului este luat în considerare prin introducerea unei ajustări (corecții) a temperaturii interioare prescrise sau a unei corecții aplicate necesarului de energie pentru răcire; aceste aspecte sunt descrise în § 2.4.12.

Factorul de utilizare a pierderilor de căldură este funcție de raportul dintre pierderile și aporturile de căldură și de inerția termică a clădirii, conform următoarelor relații:

Notând:

λ_R raportul dintre pierderile și aporturile de căldură în situația răcirii,

$$\text{- dacă } \lambda_R > 0 \text{ și } \lambda_R \neq 1 \text{ atunci } \eta_{Tr,R} = \frac{1 - \lambda_R^{\alpha_R}}{1 - \lambda_R^{\alpha_R + 1}}; \quad (2.48)$$

$$\text{- dacă } \lambda_R = 1 \text{ atunci } \eta_{Tr,R} = \frac{\alpha_R}{\alpha_R + 1};$$

$$\text{- dacă } \lambda_R < 0 \text{ atunci } \eta_{Tr,R} = 1$$

în care, pentru fiecare lună și pentru fiecare zonă considerată:

$\eta_{Tr,R}$ factorul de utilizare a pierderilor de căldură în situația răcirii;

λ_R raportul dintre aporturile și pierderile de căldură ale zonei în perioada de răcire;

$$\gamma_R = \frac{Q_{surse,R}}{Q_{t,R}} \quad (2.49)$$

$Q_{surse,R}$ aporturile de căldură totale pentru răcire, determinate cf § 2.4.5.2, [MJ];

$Q_{Tr,R}$ energia totală transferată între clădire și mediul exterior, în situația răcirii clădirilor, [MJ] – cf § 2.4.5.2;

α_R parametru numeric adimensional ce depinde de constanta de timp a clădirii pentru răcire τ_R , care se calculează cu relația:

$$\alpha_R = \alpha_{0R} + \frac{\tau_R}{\tau_{0R}} \quad (2.50)$$

unde:

α_{0R} parametru numeric de referință, determinat conform tabelului 2.9;

τ_R constanta de timp pentru răcire, determinată conform 12.2.1.3, în ore;

τ_{0R} constanta de timp de referință pentru răcire, determinată conform tabelului 2.9

Tabelul 2.9: Valorile parametrului numeric α_{0R} și ale constantei de timp de referință τ_{0R}

Tipul de clădire referitor la funcționarea sistemului de răcire		α_{0R}	τ_{0R} [ore]
I	Clădiri răcite continuu (mai mult de 12 ore pe zi):		
	clădiri rezidențiale, hoteluri, spitale, locuințe		
	- metoda lunara	1,0	15
	- metoda sezoniera	0,8	30
II	Clădiri răcite numai pe parcursul zilei (mai puțin de 12 ore/zi): școli, birouri, săli de spectacole, magazine	1,0	15
Valorile lui α_{0R} și τ_{0R} pot fi furnizate și la nivel național.			

În figura 2.5 este reprezentată variația factorului de utilizare η_{tR} pentru o perioadă de calcul lunară și pentru diverse constante de timp ale clădirilor din clasa I.

NOTA: Factorul de utilizare a pierderilor de căldură pentru răcire se definește independent de caracteristicile sistemului de răcire, presupunând un control perfect al temperaturii și flexibilitate optima a controlului. Un sistem de răcire ce răspunde lent și un control imperfect al temperaturii interioare poate afecta utilizarea optimă a pierderilor.

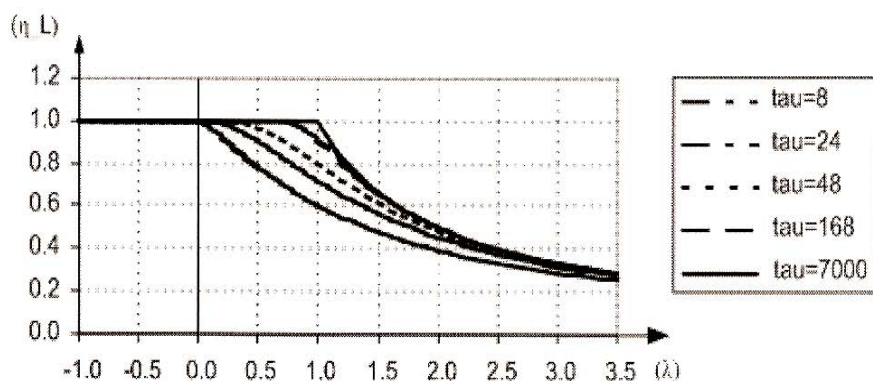


Fig. 2.5 Nomogramă pentru determinarea factorului de utilizare a pierderilor pentru răcire $\eta_{t,R}$ pentru constante de timp τ_R : 8, 24, 48 ore, o săptămână și infinit, valabile pentru perioade de calcul lunare și clădiri răcite continuu (clădiri tip I).

2.4.11.2. Constanta de timp a clădirii pentru răcire

Constanta de timp a clădirii pentru modul de răcire τ_R caracterizează inerția termică a clădirii/zona în timpul perioadei de răcire. Se calculează cu relația :

$$\tau_R = \frac{C_m / 3,6}{H_T} \quad (2.51)$$

unde :

- τ_R constanta de timp a clădirii pentru modul de răcire, [ore];
- C_m capacitatea termică a clădirii, [kJ/K];
- H_T coeficient de transfer de căldură prin transmisie ale clădirii, în modul de răcire, calculat conform § 2.4.7, [W/K];

Valori convenționale ale constantei de timp pentru diverse tipuri de clădiri pot fi calculate pentru tipuri de clădiri reprezentative construite. Valori curente sunt date în partea I a Metodologiei.

Capacitatea termică internă a clădirii sau a unei zone, C_m se obține prin însumarea capacităților termice ale tuturor elementelor de construcții aflate în contact cu aerul interior al zonei luate în considerare

$$C_m = \sum_j X_j A_j = \sum_j \sum_i \rho_{ij} c_{ij} d_{ij} A_j \quad (2.52)$$

în care:

- C_m capacitatea termică internă a clădirii, [kJ/K];
- X_j capacitatea termică internă a elementului interior j , [kJ/(m²K)];
- A_j aria elementului j , [m²];
- ρ_{ij} densitatea materialului din stratul i al elementului j , [kg/m³];
- c_{ij} căldura specifică a materialului din stratul i al elementului j , [kJ/(kgK)];
- d_{ij} grosimea stratului i al elementului j , [m];

Suma este realizată pentru toate straturile aceluiași element de perete, începând dinspre suprafața interioară și până la primul strat izolant. Grosimea maximă luată în calculul capacității termice interioare este valoarea minimă dintre cea dată în tabelul 2.10 și jumătate din grosimea peretelui.

Tabelul 2.10 Grosimea maxima considerată în calculul capacității termice interioare

Aplicație	Grosime maxima [m]
Determinarea factorului de utilizare pentru încălzire sau răcire	0,10
Efectul încălzirii sau răcirii intermitente	0,03

2.4.12 Condiții interioare de calcul

2.4.12.1. Cazul funcționării în regim continuu

Pentru răcirea continuă a clădirii pe toată perioada sezonului de răcire, trebuie utilizată ca temperatură interioară, temperatura prescrisă θ_i (în grade Celsius).

2.4.12.2. Cazul răcirii în regim intermitent

Datorită variației diurne a parametrilor climatici în perioada de vară și a inerției termice a clădirii, funcționarea unui termostat programat pentru funcționare de zi/noapte sau pornit/oprit are un efect mai mic asupra necesarului de răcire decât ar avea pe perioada de iarnă, asupra necesarului de încălzire. Acest fapt conduce la diferențe importante în procedurile de calcul pentru modul de răcire.

Energia necesară pentru răcire în cazul răcirii intermitente se calculează cu relația:

$$Q_{R,interm} = a_{R,interm} Q_R + (1 - a_{R,interm}) Q_{R,tot,interm} \quad (2.53)$$

unde:

- $Q_{R,interm}$ energia necesară pentru răcire ținând cont de efectul intermitenței, [MJ];
- Q_R energia necesară pentru răcire, calculată conform § 2.4.5.2. presupunând că pentru toate zilele lunii, controlul și setarea termostatului de ambianță corespunde unei situații de răcire în regim continuu, [MJ];
- $Q_{R,tot,interm}$ energia necesară pentru răcire, calculată conform § 2.4.5, presupunând că pentru toate zilele lunii, controlul și setarea termostatului de ambianță corespunde perioadei de intermitență, [MJ];
- $a_{R,interm}$ factor adimensional de corecție pentru răcirea intermitentă, determinat cu relația:

$$a_{R,interm} = 1 - b_{R,interm} \left(\frac{\tau_{0R}}{\tau_R} \right) \left(\frac{1}{\lambda_R} \right) (1 - f_{R,N}) \quad (2.54)$$

având ca valoare minima: $a_{R,interm} = f_{R,N}$

în care:

- $f_{R,N}$ factor reprezentând raportul dintre numărul de zile din săptămână cu răcire normală și numărul de zile dintr-o săptămână (ex. 5/7) ;
- $b_{R,interm}$ factor de corelație empiric cu valoare constanta $b_{R,interm}=3$;
- τ_R constanta de timp pentru răcire, determinată conform § 2.4.11. [ore];
- τ_{0R} constanta de timp de referință pentru răcire, determinată conform § 2.4.11., [ore];
- λ_R raportul dintre aporturile și pierderile de căldură ale clădirii (zonei) în modul de răcire, determinat conform § 2.4.11.

NOTA 1: Factorul de corecție $a_{R,interm}$ ține cont de faptul că impactul intermitenței de funcționare a sistemului de răcire asupra necesarului de energie este funcție de lungimea perioadei de

intermitență, de raportul dintre aporturile și pierderile de căldură și de inerția termică a clădirii – a se vedea figura 2.6.

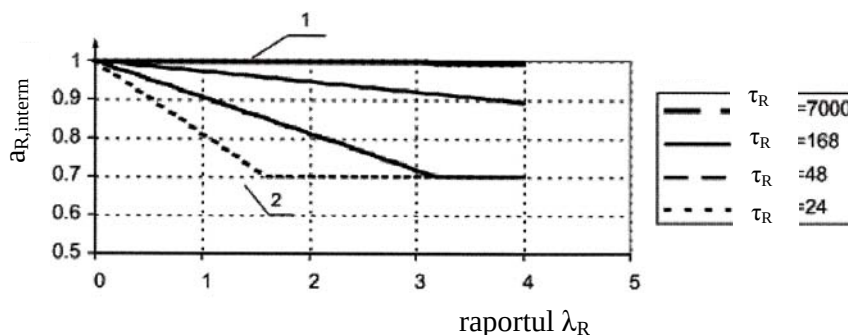


Figura 2.6 Nomograma de alegere a factorului de corecție $a_{R,interm}$ pentru răcirea intermitentă
1 – clădiri cu inerție mare ; 2 – clădiri cu inerție mică

2.4.12.3. Cazul răcirii cu perioade mari de întrerupere a funcționării

În anumite clădiri cum ar fi școlile, perioadele de vacanță în timpul sezonului de răcire conduc la o reducere importantă a necesarului de frig.

Necesarul de frig în timpul perioadei de vacanță se calculează astfel:

- pentru luna ce include o perioadă de vacanță, calculul se face diferențiat: a) pentru perioada de răcire normală; și b) pentru perioada de vacanță;
- se interpolează liniar rezultatele obținute ținând cont de raportul dintre perioada de timp de vacanță și perioada de timp normală, utilizând următoarea relație:

$$Q_{R,vac} = f_{R,N} Q_R + (1 - f_{R,N}) Q_{R,tot,vac} \quad (2.55)$$

unde:

- $Q_{R,vac}$ necesarul de energie pentru răcire ce ține cont de perioadele de vacanță, [MJ];
- Q_R necesarul de energie pentru răcire calculat conform § 2.4.5, presupunând ca pentru toate zilele lunii, setările și controlul termostatului de ambianță sunt cele corespunzătoare perioadei normale, [MJ];
- $Q_{R,tot,vac}$ necesarul de energie pentru răcire calculat conform § 2.4.5, presupunând că pentru toate zilele lunii, setările și controlul termostatului de ambianță sunt cele corespunzătoare perioadei de vacanță, [MJ];
- f_{RN} factor reprezentând numărul de zile din luna cu răcire normală, raportate la numărul total de zile al perioadei (ex. 10/31) ;

Obs. Metoda nu este aplicabilă pentru cazuri complexe

2.4.13 Energia utilizată (consumată) anual pentru răcirea clădirilor

2.4.13.1 Necesarul de energie anual pentru răcire, pentru fiecare zonă

Necesarul anual de energie pentru răcire, pentru o zonă de clădire dată, se calculează însumând necesarul de energie pe perioadele distincte din an în care este necesară răcirea, ținând cont de durata acestor perioade de-a lungul unui an calendaristic:

$$Q_{R,an} = \sum_j Q_{R,j} \quad (2.56)$$

în care:

- $Q_{R,an}$ necesarul anual de răcire pentru zona considerată, [MJ];

$Q_{R,j}$ necesarul de răcire al zonei considerate pentru luna j , determinat conform § 2.4.5, [MJ];

Lungimea sezonului de răcire ce determină perioada de funcționare a sistemelor de răcire se obține conform § 2.4.6.

2.4.13.2 Necesarul de energie anual pentru răcire, pentru o combinație de sisteme

În cazul unui calcul multizonă (cu sau fără interacțiune termică între zone), energia anuală necesară pentru răcire, pentru o combinație dată de sisteme de răcire și ventilare, care deservesc zone diferite, se obține prin însumarea necesarului de energie al tuturor zonelor z deservite de aceeași combinație de sisteme considerate:

$$Q_{R,an,mz} = \sum_z Q_{R,an,z} \quad (2.57)$$

în care:

$Q_{R,an,mz}$ necesarul de caldură anual pentru răcire pentru clădirea multizonă deservită de aceeași combinație de sisteme ca și zona z , [MJ] ;

$Q_{R,an,z}$ necesarul de caldură anual pentru răcire pentru zona z , [MJ] .

2.4.13.3 Energia totală utilizată pentru sisteme de răcire și de ventilare

2.4.13.3.1 Pierderile de energie ale sistemului

În cazul existenței unei singure combinații de sisteme de răcire și ventilare în clădire, energia anuală utilizată pentru răcire, $Q_{sist,R}$ (inclusiv pierderile de energie din sisteme), se determină în funcție de energia necesară pentru răcire, într- una din următoarele 3 variante:

- calcul direct al energiei totale utilizate de sistemul de răcire $Q_{sist,R,i}$ pentru fiecare **resursă de energie i** , incluzând sau tratând separat energia auxiliară, [MJ];
- calculul pierderilor de energie și energiei auxiliare consumate pentru răcire: $Q_{sist,pierd,R}$ și $Q_{sist,aux,R}$ pentru fiecare **resursa de energie i** , exprimate în MJ; pierderile de energie și energia auxiliară consumată cuprind etapele de generare, transport, control, distribuție, acumulare și emisie de energie din cadrul fiecărui sistem în parte;
- pierderile de energie ale sistemului pot fi indicate prin intermediul unei eficiențe globale a sistemului; în acest caz se utilizează relația:

$$Q_{sist,R} = \frac{Q_R}{\eta_{sist,R}} \quad (2.58)$$

unde:

$Q_{sist,R}$ energia utilizată de sistemul de răcire, inclusiv pierderile de energie ale sistemului, [MJ];

Q_R energia necesară pentru răcire a clădirii sau zonei, [MJ];

$\eta_{sist,R}$ eficiența globală a sistemului de răcire, incluzând pierderile de energie la generarea, partea electronică de comandă și control, transportul, acumularea, distribuția și emisia de agent termic din sistem, cu excepția cazului când sunt raportate separat ca energie auxiliară.

Aceste trei opțiuni de calcul ar trebui să conducă la același rezultat final, iar alegerea reprezintă doar o alegere personală. Prima variantă este totuși preferabilă, întrucât conduce cel mai direct la calculul energiei totale utilizate.

Pierdere totală de energie a sistemului ar trebui luată egală cu pierderile de energie directe plus cele recuperate în sistem. Calculul separat al pierderilor este justificat deoarece :

- pierderile sistemului care sunt recuperate în clădire (ca surse calde sau reci) sunt luate deja în considerare în cadrul necesarului de energie pentru răcirea clădirii,

- în cazul a mai mult de un agent termic de transport a energiei în clădire poate să nu apară în mod evident care parte din energia utilizată de unul din agenți este utilizată și care parte este pierdută,

- pentru clădirile cu cogenerare, nu este rezonabil să se atribuie cantitatea de combustibil utilizată pentru producerea căldurii și electricității ca pierdere de energie în sistem. O defalcare trebuie realizată într-un mod cât mai rațional.

În diagrama energetică din fig. 2.4 s-au pus în evidență patru nivele la care trebuie calculate pierderile și aporturile de energie în sisteme și anume:

- nivelul clădirii,
- nivelul centralei de tratare a aerului,
- nivelul sursei de frig, pe partea de agent secundar (de răcire)
- nivelul sursei de frig, pe partea de agent primar (agent frigorific).

La acestea se adaugă energia auxiliară necesară funcționării pompelor, ventilatoarelor, recuperatoarelor etc.

La nivelul generatorului termodinamic de frig, GTF sunt evidențiate două intrări: pe de o parte este energia primară furnizată sistemului frigorific și pe de altă parte este energia (căldura) absorbită de circuitul secundar care va alimenta centrala de tratare a aerului, CTA.

De asemenea sunt puse în evidență două circuite energetice distincte:

- circuitul clădire - centrală de tratare - centrală frigorifică și
- circuitul energie primară - centrală frigorifică.

Diferența esențială dintre cele două circuite este că în primul circuit, fluxul de energie care iese din sistem are un rol pozitiv, micșorând necesarul de răcire la fiecare nivel iar pe circuitul al doilea, energia care iese din sistem reprezintă un consum suplimentar de energie.

Evaluarea la nivelul clădirii a energiei care iese din sistem (prin transfer de căldură și prin ventilare nocturnă au fost detaliate la § 2.4. La nivelul centralei de tratare a aerului, trebuie evaluate în detaliu următoarele componente energetice:

- contribuția energetică a surselor neconvenționale, $Q_{neconv\ CTA}$,
- consumul suplimentar de energie la nivelul CTA, datorită încălzirii aerului rece pe conducte,
- consumul suplimentar de energie datorită pierderilor de aer prin neetanșeitățile sistemului de transport și distribuție a aerului, $Q_{pierd\ aer}$.

Evaluarea contribuției surselor neconvenționale trebuie să se facă cu luarea în considerare a tuturor componentelor sistemului de recuperare, inclusiv energia auxiliară suplimentară.

Pierderile de aer din sistem conduc la pierderi mari de energie în sistem deoarece aerul tratat, de cele mai multe ori, nu mai ajunge în încăperi. Aceste pierderi trebuie evaluate în funcție de clasa de etanșare a sistemului de conducte și de locul de montaj al acestora.

Pierderile de energie datorită încălzirii pe circuit a apei reci, $Q_{pierd\ ar}$, trebuie să fie luată în considerare la nivelul circuitului secundar de răcire.

Pierderile de energie ale sistemului pot include și pierderile energetice ale clădirii datorate distribuției neuniforme a temperaturii și controlului imperfect al temperaturii ambientale, dacă acestea nu au fost deja considerate în cadrul corecțiilor la temperatura interioară.

Se menționează că nu a fost introdus în bilanțul de energie pentru răcire, consumul de energie datorat condensării vaporilor de apă pe bateria de răcire din centrala de tratare a aerului; după cum s-a menționat la începutul § 2.4, acesta se referă numai la căldura sensibilă.

2.4.13.3.2 Rezultate pe grupuri de zone și pe întreaga clădire

Rezultatele calculelor sunt redate în tabelul 2.11, acest tabel fiind repetabil pentru diverse alte sisteme ce deservește alte zone, rezultatele din toate aceste tabele putând fi la nevoie însumate pentru a afla valorile consumurilor de energie pentru întreaga clădire.

Liniile și coloanele din tabel trebuie adaptate pentru clădirea studiată. Coloanele includ date pentru cele mai importante resurse de energie. Liniile includ diversele zone sau grupuri de zone, servite de către fiecare grup de sisteme în parte.

Tabelul 2.11 Tabel centralizator al calculelor de consum de energie

Utilizarea energiei	Sursa de energie					
	electricitate	gaz	sistem urban	petrol	surse solare	alte surse neconventionale
Energia necesară pentru răcire						
Energia utilizată răcire						
Pierderi energie răcire						
Sistem de ventilare, zonele A						
Sistem de ventilare, zonele B						
Sub-total						
Producție solar termic						
Producție solar fotovoltaic						
Producție cogenerare						
Total						

Pentru fiecare sistem ce produce energie in-situ se adaugă o linie în matricea clădirilor fără producție proprie. Energia primară consumată de sistem (ex. Gaz pentru cogenerare) este indicată în celula corespunzătoare din tabel. Pentru fiecare altă resursă de energie se adaugă o coloană suplimentară în tabel, la dreapta. Energia produsă de sistem este indicată printr-o valoare negativă în celula corespunzătoare. Energia produsă și consumată in-situ este indicată printr-o valoare pozitivă în celula corespunzătoare. Un număr negativ în dreptul totalului pe o linie a tabelului semnifică energia exportată către alte sisteme sau clădiri.

Cantitățile de energie exportate (electricitate sau căldură în majoritatea cazurilor) sunt contabilizate separat, din cauza factorilor de conversie ce trebuie aplicați acestor forme de energie.

Pentru energia utilizată în sistemele de ventilare, a se vedea § 2.6.

2.4.13.3.3 Utilizarea anuală de energie suplimentară de către sistemele de ventilare

Energia anuală adițională cerută de un sistem de ventilare include:

- energia utilizată la ventilatoare;
- energia utilizată pentru dezgheț și în recuperatoarele de căldură;
- energia utilizată pentru preîncălzirea aerului exterior;
- energia utilizată pentru prerăcirea aerului exterior;

2.5 Calculul necesarului de energie pentru răcirea clădirilor - metodă de calcul orar

2.5.1 Domeniul de aplicare și obiectiv

Metoda de calcul orar este o alternativă de calcul a consumului de energie pentru răcirea clădirilor. Domeniul de aplicare ca și obiectivul metodei orare sunt aceleași ca pentru metoda lunară simplificată (v. § 2.4). Se fac în plus următoarele precizări:

- metoda orară permite introducerea unor scenarii de funcționare orare referitoare la temperaturile prescrise, modul de ventilare, sursele interioare de căldură, utilizarea dispozitivelor de umbră etc.

- deoarece modelarea realizată este mai apropiată de fenomenele fizice și de regimul de utilizare, rezultatele obținute sunt mai apropiate de realitate.

Metoda este în mod special de preferat celei lunare în cazul clădirilor cu inerție termică mare, cu intermitență mare de funcționare sau în alte situații speciale.

2.5.2. Conținut general

Metoda are la bază un model analogic termo - electric și utilizează o schemă de tip R-C (Rezistențe - Capacități) – cf. fig. 2.7. Este o metodă dinamică ce modelează rezistențele și capacitățile termice precum și fluxurile de căldură emise de sursele interioare. Metoda este simplificată deoarece combină rezistența la transfer termic și capacitatea termică a clădirii sau a unei zone, într-o singură pereche “rezistență-capacitate”.

Prin modelul realizat, se urmărește :

- reprezentarea relativ simplă a fenomenelor de transfer de căldură dintr-o clădire și o formulare matematică ușor de implementat informatic;
- realizarea unui nivel de acuratețe ridicat, în special pentru încăperile climatizate în care comportamentul termic în regim dinamic are un impact semnificativ.

Pentru calcul, se utilizează un pas de timp orar, pentru întreaga clădire.

Datele de intrare privitoare la funcționarea sistemului pot fi introduse cu variații orare utilizând tabele de variație (temperatură interioară prescrisă, degajări de la surse interioare de căldură etc).

Modelul face distincție temperatura aerului interior și temperatura medie a suprafețelor interioare (temperatura medie de radiație). Această abordare îmbunătățește gradul de reprezentare a confortului termic interior și crește acuratețea reprezentării schimburilor de căldură prin radiație, datorită posibilității de a lua în considerare partea convectivă și radiativă pentru iluminat, aporturi solare sau degajări de căldură de la surse interioare.

Temperatura interioară prescrisă (de calcul) este temperatura aerului interior, deoarece majoritatea aparatelor de control și reglare reacționează la această valoare.

Energia necesară pentru încălzire/răcire (pozitivă/negativă) se calculează ca fiind energia ce trebuie adăugată/extrasă la fiecare oră în/din nodul care reprezintă aerul interior (θ_i) pentru a menține temperatura interioară prescrisă. Energia totală pe perioada de calcul (lună, sezon de răcire) se va calcula prin însumarea valorilor orare.

2.5.2.1. Descrierea modelului

Modelul analogic conectează 5 noduri prin 5 conductanțe și o capacitate. Din punct de vedere termic, nodurile corespund temperaturilor următoare:

- temperatura aerului interior, θ_i
- temperatura aerului exterior, θ_e
- temperatura aerului introdus (refulat) pentru ventilare $\theta_{intr.}$
- temperatura medie de radiație, θ_{mr}
- temperatura θ_s , scrisă ca o medie dintre temperatura aerului interior θ_i și temperatura medie de radiație θ_{mr}

Transferul de căldură datorat ventilării se scrie ca o conexiune între nodul de temperatură al aerului θ_i și nodul de temperatură caracteristică aerului refulat θ_{intr} , prin intermediul coeficientului de transfer prin ventilare (conductanței) H_V .

Transferul de căldură prin transmisie este divizat între transferul prin fereastră, caracterizată prin inerție termică nulă și conductanță H_F , și transferul prin elementele masive. Transferul prin fereastră are loc între nodurile de temperatură exterioară θ_e și nodul de temperatură θ_s . Transferul prin elementele masive care au o conductanță totală H_{op} are două componente :

- transferul dintre nodul de temperatură exterioară θ_e și nodul de temperatură medie de radiație a elementelor masive, θ_{mr} , prin conductanța H_{em} și

- transferul dintre nodul de temperatură θ_s , și cel cu temperatura medie de radiație θ_{mr} , prin conductanța H_{ms} . Masa termică care caracterizează inerția elementelor masive este reprezentată printr-o capacitate unică C_m plasată în nodul de temperatură θ_{mr} , între H_{ms} și H_{em} . Efectul surselor de căldură interioare este materializat prin împartirea în mod egal pe cele 3 noduri de temperatură: θ_i , θ_s și θ_{mr} , a fluxului provenit de la soare și cel degajat de sursele interioare. O conductanță de cuplare H_{is} este introdusă între nodul aerului interior și cel al suprafeței interioare.

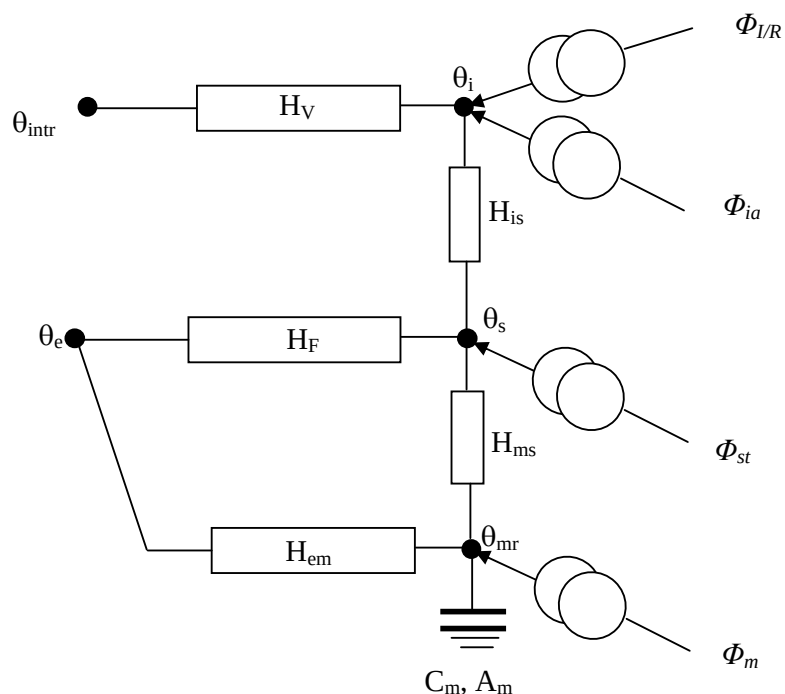


Figura 2.7 Modelul simplificat cu 5 rezistențe și o capacitate (5R-1C)

Mărimile de intrare în model sunt obținute pe baza următoarelor date:

- coeficienții de transfer termic prin ventilare H_V și temperatura aerului introdus în încăperi (de refulare) θ_{intr} obținute conform § 2.4.8;
- coeficienții de transfer termic prin transmisie, pentru ferestre H_F și elementele masive de anvelopă se determină H_T conform § 2.4.7;
- conductanța de cuplare H_{is} este egală cu :

$$H_{is} = h_{is} A_t \quad (2.59)$$

și

$$A_t = R_{at} \cdot A_p$$

unde:

H_{is} conductanța de cuplare dintre nodurile de temperatură θ_i și θ_s ,
 A_t aria tuturor suprafețelor elementelor perimetrice ale încăperii/zonei de calcul, [m²]
 A_p Aria utilă a pardoselii, [m²],
 h_{is} coeficientul de transfer de căldură la interior (prin convecție), se poate considera cu valoarea $h_{is}=3,45 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 R_{at} raport dintre aria tuturor suprafețelor și aria pardoselii, considerat $R_{at}=4,5$

Divizarea conductanței H_T între H_{ms} și H_{em} se face considerând rezistențele $1/H_{ms}$ și $1/H_{em}$ înseriate și atunci:

$$H_{em} = 1/(1/H_T - 1/H_{ms}) \quad (2.60)$$

unde:

$$H_{ms} = h_{ms} \cdot A_m$$

pentru:

h_{ms} coeficientul de transfer de căldură dintre nodurile de temperatură θ_s și θ_{mr} , care poate fi considerat $h_{ms} = 9,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

A_m aria efectivă a elementelor masive se determină conform § 2.4.10.2 și 2.5.3.

2.5.2.2. Ecuațiile modelului orar simplificat

Schema generală de calcul este aceeași cu a modelului de calcul lunar (§ 2.4). în acest paragraf, se detaliază procedura specifică de calcul pentru următoarele mărimi :

- degajările de căldură de la sursele interioare și aporturile solare ce vor fi distribuite ca solicitări pentru nodurile de calcul interioare,
- temperaturile în nodurile interioare de calcul, atunci când în aceste noduri există o solicitare cunoscută (un flux de căldură pentru încălzire/răcire, $\Phi_{I,R}$,
- necesarul de încălzire sau răcire $\Phi_{nec,I,R}$, dacă se impune o temperatură interioară prescrisă (de set-point) sau temperaturile interioare care se stabilesc dacă se impune un disponibil de energie maxim pentru încălzire sau răcire.

2.5.2.2.1 Calculul fluxurilor de căldură care constituie solicitări ale nodurilor interioare de calcul: Φ_{ia} , Φ_{st} și Φ_m

Degajările de la sursele interioare de căldură către interiorul zonei climatizate, provenind de la iluminatul electric, prepararea hranei, metabolism etc., precum și căldura pătrunsă în interior ca urmare a aporturilor solare, sunt divizate în cadrul modelului orar în trei componente, după cum urmează (corespunzătoare nodurilor cu temperaturile : θ_i , θ_m și θ_s) :

$$\begin{cases} \Phi_{ia} = 0,5 * \Phi_{surse} \\ \Phi_m = \frac{A_m}{A_t} (0,5\Phi_{surse} + \Phi_s) \\ \Phi_{st} = \left(1 - \frac{A_m}{A_t} - \frac{H_{es}}{9,1A_t}\right) (0,5\Phi_{surse} + \Phi_s) \end{cases}, \quad (2.61)$$

în care :

Φ_{surse} (W) și Φ_s (W) reprezintă căldura totală degajată de sursele interioare (conform § 2.4.9), iar Q_s căldura totală pătrunsă la interior datorită aporturilor solare (conform § 2.4.10). Valorile obținute conform § 2.4 sunt exprimate în MJ; pentru a fi introduse în relațiile (2.61) ca fluxuri de căldură exprimate în W, se vor diviza prin 0,036.

2.5.2.2.2 *Determinarea temperaturii aerului și a temperaturii operative pentru o valoare cunoscută a unui flux de căldură disponibil, Φ_d*

Fluxul Φ_d reprezintă un flux de căldură furnizat în încăpere prin sistemele de încălzire/răcire. Utilizarea acestui model permite să se evalueze temperaturile interioare (temperatura aerului și temperatura operativă), în condițiile în care există o sursă de încălzire/răcire și trebuie să se aprecieze dacă aceasta este suficientă sau nu pentru asigurarea confortului interior. La limită, când $\Phi_d = 0$, se pot obține temperaturile interioare, în absența sistemelor.

Soluția numerică a modelului de calcul se bazează pe o schema de rezolvare de tip Crank-Nicholson cu un pas de timp egal cu o oră. Temperaturile au valori medii orare cu excepția $\theta_{m,t}$ și $\theta_{m,t-1}$ care sunt valori instantanee la momentele de timp t , respectiv $t-1$.

Pentru un pas de timp de o oră, $\theta_{m,t}$ se calculează la sfârșitul pasului de timp în funcție de valoarea la ora precedentă, $\theta_{m,t-1}$, conform relației :

$$\theta_{m,t} = \theta_{m,t-1} \frac{[C_m / 3600 - 0,5(H_3 + H_{em}) + \Phi_{m,tot}]}{[C_m / 3600 + 0,5(H_3 + H_{em})]}, \quad (2.62)$$

în care :

$$\begin{cases} \Phi_{m,tot} = \Phi_m + H_{em}\theta_e + H_3 \left[\Phi_{st} + H_F\theta_e + H_1 \left(\frac{\Phi_{ia} + \Phi_d}{H_v} + \theta_{aer,r} \right) \right] / H_2 \\ H_1 = \frac{1}{1/H_v + 1/H_{is}} \\ H_2 = H_1 + H_F \\ H_3 = \frac{1}{1/H_2 + 1/H_{ms}} \end{cases}$$

Mărimile H_{em} , H_v , θ_e , $\theta_{aer,r}$ și C_m se stabilesc conform relațiilor de la § 2.4.

Pentru pasul de timp considerat, valorile medii ale temperaturilor în nodurile de calcul se obțin cu următoarele relații :

$$\begin{cases} \theta_m = (\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}) / 2 \\ \theta_s = \left[H_{ms}\theta_m + \Phi_{st} + H_F\theta_e + H_1 \left(\frac{\Phi_{ia} + \Phi_d}{H_v} + \theta_{int,r} \right) \right] / (H_{ms} + H_F + H_1) \end{cases} \quad (2.63)$$

în care H_{ms} se calculează cu relația (2.60).

Temperaturile interioară (θ_i) și operativă (θ_{op}) se obțin cu relațiile :

$$\begin{cases} \theta_i = (H_{is}\theta_s + H_v\theta_{int,r} + \Phi_{ia} + \Phi_d) / (H_{is} + H_v) \\ \theta_{op} = 0,3\theta_i + 0,7\theta_s \end{cases} \quad (2.64)$$

Temperatura operativă este egală cu media ponderată dintre temperatura aerului interior și temperatura medie de radiație, cu coeficienții superficiali de schimb de căldură prin convecție și prin radiație.

2.5.2.2.3 Calculul temperaturii aerului și energiei necesare pentru încălzire/răcire

Pentru fiecare oră, modelul de calcul tip R-C permite calculul temperaturii interioare θ_i pentru orice flux de căldură furnizat de sistemul de încălzire sau răcire $\Phi_{I,R}$.

Schema de rezolvare presupune o dependență lineară dintre $\Phi_{I,R}$ și θ_i . Pentru o oră dată, comportamentul termic al încăperii/zonăi exprimat printr-o dreaptă, se determină aplicând ecuațiile prezentate anterior la 2.5.2.2.2, pentru două valori ale $\Phi_{I,R}$.

Energia de încălzire sau răcire furnizată încăperii/zonăi poate fi reprezentată pe același grafic cu temperaturile prescrise (de set-point) $\theta_{i,set}$ și cu necesarul de energie maxim pentru încălzire sau răcire la ora respectivă.

Temperatura interioară ce rezultă din acest grafic se află la intersecția celor două curbe.

Pot apare cinci cazuri distincte :

- 1) Încăperea necesită încălzire, iar energia de încălzire disponibilă nu este suficientă pentru a se atinge temperatura prescrisă. În acest caz necesarul de încălzire este limitat superior la valoarea corespunzătoare energiei maxime disponibile pentru încălzire, iar temperatura interioară ce se stabilește în încăperea/zonă este inferioară valorii prescrise $\theta_{i,set}$. Acest fenomen se întâlnește de obicei în perioada de demarare din sezonul de încălzire, când pierderile de căldură ale încăperii/zonăi sunt maxime.
- 2) Încăperea necesită încălzire iar energia de încălzire disponibilă este suficientă pentru a se atinge temperatura prescrisă. În acest caz necesarul de încălzire este mai mic decât energia maximă disponibilă pentru încălzire, iar temperatura interioară ce se stabilește în încăperea/zonă este egală cu valoarea $\theta_{i,set}$.
- 3) Încăperea/zonă nu necesită nici încălzire, nici răcire (regim "liber" de evoluție a temperaturii). Temperatura interioară se calculează din bilantul de energie pentru zonă respectivă, fără a introduce în ecuația de bilant nici un fel de energie auxiliară pentru încălzire sau răcire.
- 4) Încăperea necesită răcire iar energia de răcire disponibilă este suficientă pentru a se atinge temperatura prescrisă. În acest caz necesarul de răcire este mai mic decât energia maximă disponibilă pentru răcire, iar temperatura interioară ce se stabilește în încăperea/zonă este egală cu valoarea $\theta_{i,set}$.
- 5) Încăperea necesită răcire, iar energia de răcire disponibilă nu este suficientă pentru a se atinge temperatura prescrisă. În acest caz necesarul de răcire este limitat superior la valoarea corespunzătoare energiei maxime disponibile pentru răcire, iar temperatura interioară ce se stabilește în încăperea/zonă este superioară valorii $\theta_{i,set}$.

Procedura de calcul stabilește valoarea temperaturii interioare reale obținute în încăperea, $\theta_{i,real}$ și valoarea necesarului de încălzire/răcire real $\Phi_{I,R,real}$. În toate cazurile, valoarea temperaturii $\theta_{m,t}$ este calculată și stocată în memorie, fiind utilizată la pasul de timp următor.

Pașii de calcul sunt următorii:

Pasul 1:

- se verifică dacă este nevoie de încălzire sau de răcire (**cazul 3**)
- se consideră $\Phi_{I,R} = 0$ și se aplică setul de ecuații 2.62 – 2.64.

Se consideră $\theta_i = \theta_{i0}$ (temperatura interioară în regim liber) și se verifică îndeplinirea condiției (dublei inegalități) :

$$\theta_{i,set,I} < \theta_{i0} < \theta_{i,set,R}$$

Dacă această condiție este satisfăcută atunci nu este nevoie de încălzire sau răcire astfel încât $\Phi_{I,R,real} = 0$ și $\theta_{i,real} = \theta_{i0}$ și calculul se oprește. În caz contrar se trece la pasul 2.

Pasul 2:

Se alege valoarea temperaturii prescrise și se calculează necesarul de încălzire și cel de răcire.

Dacă $\theta_{i0} > \theta_{i,set,R}$ se consideră $\theta_{set} = \theta_{set,R}$.

Dacă $\theta_{i0} < \theta_{i,set,I}$ se consideră $\theta_{set} = \theta_{set,I}$.

Se aplică apoi setul de ecuații 2.62 – 2.64 luând $\Phi_{I,R} = \Phi_{nec\ I,R,10}$ cu $\Phi_{nec\ I,R,10}$ calculat la o valoare a ariei pardoselii de 10 ori mai mare ($10 \cdot A_p$), pentru a calcula o temperatură interioară ce se va nota cu $\theta_{i,10}$.

Se înlocuiește apoi $\theta_i = \theta_{i,10}$ și se calculează $\Phi_{nec,I,R,nelim}$ (nelimitat) adică necesarul de încălzire sau răcire nelimitat inferior sau superior pentru a se obține temperatura prescrisă:

$$\Phi_{nec,I,R,nelim} = \Phi_{nec,I,R,10} \frac{\theta_{set} - \theta_{i0}}{\theta_{i10} - \theta_{i0}} \quad (2.65)$$

Pasul 3 :

Se verifică după aceea dacă energia disponibilă pentru încălzire sau răcire este suficientă (cazul 2 sau 4).

Dacă $\Phi_{nec,I,R,nelim}$ se situează între valorile $\Phi_{I,max}$ și $\Phi_{R,max}$ atunci :

$$\Phi_{I,R,real} = \Phi_{I,R,nelim} \text{ și } \theta_{i,real} = \theta_{i,set}$$

Astfel, s-au obținut valorile fluxurilor orare necesare și calculul este încheiat.

Dacă nu s-a îndeplinit condiția, se trece la pasul 4 (ultimul).

Pasul 4 :

Se calculează temperatura interioară (cazul 1 sau cazul 5).

Dacă $\Phi_{I,R,nelim} > 0$ se ia $\Phi_{I,R,real} = \Phi_{I,max}$; dacă $\Phi_{I,R,nelim} < 0$ se ia $\Phi_{I,R,real} = Q_{R,max}$

Se calculează apoi $\theta_{i,real}$ utilizând ecuațiile (2.62 – 2.64).

NOTA: în acest caz temperatura de prescrisă nu este niciodată atinsă.

Pe baza valorilor orare de energie calculate, care reprezintă energia ce trebuie adăugată/extrasă la fiecare oră în/din nodul care reprezintă aerul interior (θ_i) pentru a menține temperatura interioară prescrisă, se determină, prin însumarea valorilor orare, energia totală pe perioada de calcul (lună, sezon de răcire).

2.5.3. Precizări pentru aplicarea metodei orare

Față de metoda lunară simplificată, prezentată la § 2.4, se fac următoarele precizări pentru aplicarea metodei de calcul lunare. Astfel:

▪ **Durata sezonului de încălzire și de răcire** (număr de zile sau ore) se determină considerând momentul de început și de sfârșit al perioadei de încălzire/răcire atunci când necesarul de căldură sau frig depășește 1 W/m^2 . Această durată va fi luată în considerare și pentru calculul energiei auxiliare consumate în sisteme (pentru funcționarea pompelor, ventilatoarelor etc).

▪ **Condițiile la limită și datele de intrare** se vor stabili după aceleași reguli ca în cazul metodei lunare simplificateși anume:

- coeficienții de transfer termic prin transmisie și ventilare se vor lua în calcul cu valorile recomandate la § 2.4.7 și § 2.4.8,
- transferul de căldură prin sol și luarea în considerare a punților termice așa cum se precizează la § 2.4.7.

- degajările de la sursele interioare de căldură se consideră conform datelor de la § 2.4.9, dar se introduc la fiecare pas de calcul (oră de oră), conform scenariilor de funcționare ale zonei/clădirii,
- aporturile de căldură solare se consideră conform datelor de la § 2.4.10, dar se introduc la fiecare pas de calcul (oră de oră); la o valoare a intensității radiației solare $>300\text{W/m}^2$ se consideră că trebuie utilizate protecții solare la ferestre, pentru diminuarea necesarului de energie pentru răcire,

▪ Pentru calculul orar simplificat, **efectul radiației nocturne** trebuie luat în considerare direct la fiecare oră, în funcție de graficul diurn de închidere a jaluzelelor și corelat cu coeficienții de transfer ai ferestrei neprotejate respectiv complet protejate (cu jaluzele, obloane etc). Precizări referitoare la modul de calcul sunt date la § 2.4.8.3.

▪ Ca și în cazul metodei lunare simplificate, sunt necesare metode detaliate pentru a modela comportamentul dinamic al următoarelor elemente de construcție speciale:

- Pereți solari ventilați,
- Alte elemente ventilate ale anvelopei,
- Surse interioare de joasă temperatură.

▪ Metoda orară prezentată, cu un singur nod capacitiv, necesită determinarea “ariei masei interioare efective a clădirii”, conform relației:

$$A_m = \frac{C_m}{\sum_j A_j X_j^2} \quad (2.66)$$

în care:

C_m	capacitatea termică internă a clădirii, determinată conform § 2.4.11.2, în kJ/K;
A_m	aria masei interioare efective a clădirii, în m^2 ;
A_j	aria elementului j determinată conform § 2.4, în m^2 ;
X_j	capacitatea termică internă a elementului interior j , în $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$;

▪ Pentru răcirea continuă a clădirii pe timpul sezonului de răcire, trebuie utilizată ca temperatura interioară, temperatura prescrisă θ_i . În cazul perioadelor de întrerupere mare de funcționare (de exemplu vacanțe școlare) se aplică metoda expusă la § 2.4.13. În cazul răcirii intermitente, calculul se va face în conformitate cu programul orar de utilizare a clădirii.

▪ Calculul energiei utilizate anual pentru răcirea clădirii se realizează în conformitate cu § 2.4.13.

Complexitatea datelor de intrare și modul în care se efectuează calculul orar, pun în evidență interesul aplicării acestei metode pentru situația unor clădiri cu sarcini interioare mari, cu un regim de solicitare diferit pe parcursul unei zile, a unei săptămâni etc.

Pentru calcule mai riguroase, complexitatea fenomenelor termice și aeraulice din clădiri necesită utilizarea unor programe de calcul performante. Indiferent de modelul de calcul utilizat pentru integrarea ecuației căldurii și a modului în care sunt descrise solicitările interioare și exterioare (condițiile la limită), pentru ca programele să fie considerate conforme Metodologiei de calcul a eficienței energetice, ele trebuie să fie testate conform standardului european “Thermal Performance of buildings – Sensible Room Cooling Load Calculation. General Criteria and Validation Procedures”, în curs de elaborare.

2.6 Calculul debitelor de aer pentru ventilare naturală și mecanică

2.6.1. Domeniu de aplicare: clădiri ventilate și climatizate

- clădiri ventilate mecanic (sisteme cu un circuit: evacuare sau introducere mecanică sau dublu circuit: evacuare și introducere mecanică);
- evacuare naturală prin coșuri de ventilare (conducte de aer pasive);
- sisteme hibride care comută în funcționare naturală/mecanică;
- aerisire prin deschiderea manuală a ferestrelor.

Debitul de aer necesar pentru asigurarea calității aerului interior, pentru evacuarea fumului în caz de incendiu precum și permeabilitatea la aer a clădirilor, nu fac obiectul metodelor de calcul expuse în acest paragraf. De asemenea, nu sunt tratate sistemele de ventilare industrială. Debitele de aer necesare se stabilesc în conformitate cu normativele naționale (de exemplu I5). În completare se pot utiliza valorile din anexa II.2 E. Pentru bucătării, metoda este valabilă pentru situațiile de preparare a hranei pentru uz imediat și pentru restaurante.

2.6.2. Obiectiv: calculul debitelor reale de aer de ventilare din clădiri, necesare la calculul consumurilor de energie, a sarcinilor de răcire/încălzire, la evaluarea confortului termic interior și a calității aerului interior.

2.6.3. Conținut general

Debitele de aer sunt calculate pentru întreaga clădire sau pentru o zonă a clădirii.

O clădire poate fi separată în diferite zone în situația în care:

- zonele diferite sunt racordate fiecare la un sistem de ventilare propriu;
- zonele pot fi considerate ca independente din punct de vedere al transferului de aer (nu există transfer de aer între zone)

Calculul corect din punct de vedere fizic se bazează pe bilanțul masic de aer uscat din zona sau clădirea considerată. Pentru simplificare, se permite și bilanțul volumic de aer, în anumite situații. Bilanțul masic de aer este obligatoriu pentru sistemele de încălzire cu aer cald și pentru sistemele de climatizare, datorită diferențelor mari de densitate dintre aerul introdus de sisteme și aerul interior.

Datele de intrare pentru calcul sunt debitele de aer ale sistemului de ventilare și caracteristicile debit-presiune ale orificiilor de ventilare sau ale neetanșeităților prin care se infiltrează aer.

Datele de ieșire sunt debitele de aer ce intră sau ies din clădire prin :

- neetanșeități;
- orificii de ventilare;
- deschiderea ferestrelor;
- sistemul de ventilare, inclusiv neetanșeitățile conductelor de aer.

Convențional, se notează cu valori pozitive debitele de aer ce intră în clădire și negative cele ce ies din clădire.

Calculul debitelor de aer ce traversează anvelopa cuprinde următoarele etape:

- stabilirea relațiilor de calcul pentru debitele de aer, pentru o presiune interioară de referință
- calculul presiunii interioare de referință pe baza bilanțului masic de aer pentru debitele care intră și ies din clădire
- calculul debitelor de aer pentru presiunea interioară de referință stabilită.

Divizarea interioară a clădirii se bazează la rândul ei pe următoarele considerente:

- separarea clădirii în diferite zone independente aerulic (între care se poate neglija transferul aerulic);
- descrierea, dacă este cazul, fiecărei dintre aceste zone ca sub-zone conectate la o zonă comună (hol, casa scării)

Schema generală a acestei ipoteze de calcul este reprezentată în **figura 2.8**.

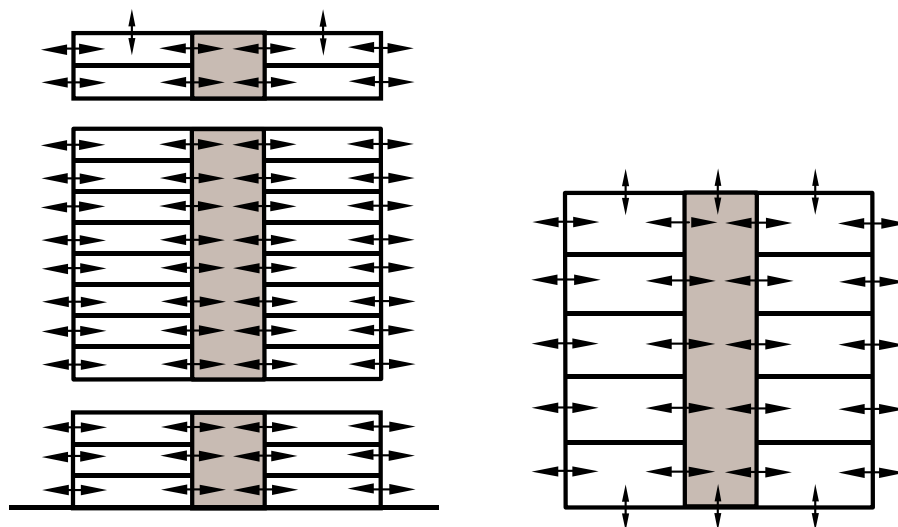


Figura 2.8 Schema de calcul pentru debitele de aer în ipoteza divizării în zone interioare

Pentru toate tipurile de aplicații ale acestei metode de calcul, s-a ales soluția de rezolvare implicită. Soluții explicite se folosesc numai punctual, când anumiți parametri pot fi clar identificați ca valoare pentru aplicația respectivă.

Metoda de calcul iterativă este utilizată pentru a calcula debitul de aer al unei centrale de ventilație sau debitul care trec prin orificiile și neetanșeitățile din anvelopa clădirii în condițiile în care sunt cunoscute:

- climatul exterior (vânt și temperatură);
- condițiile interioare (temperatura);
- funcționarea sistemului

Etapele de calcul ce trebuie parcurse sunt următoarele:

- calculul ventilării mecanice;
- calculul pentru conductele pasive pentru clădiri rezidențiale sau nerezidențiale mici;
- calculul infiltrațiilor/exfiltrațiilor;
- debitele de aer pentru combustie în clădiri rezidențiale și nerezidențiale (dacă este cazul);
- calculul debitelor de aer suplimentare provenite din deschiderea ferestrelor;
- calculul debitului total de aer

2.6.4 Calculul ventilării mecanice

Acest calcul se bazează pe debitul de aer necesar (introdus q_{intr} sau evacuat q_{ev}) în fiecare încăpere, stabilit conform normelor naționale (Normativ I.5), în ipoteza unui sistem de ventilație de tip "amestec complet". Pentru a transforma acest debit în debitul ce corespunde ventilatorului central, trebuie luați în considerare următorii coeficienți de corecție:

- 1) C_{util} : coeficient de utilizare corespunzător poziției ”pornit” ($C_{util}=1$) sau ”oprit” ($C_{util}=0$) a ventilatorului.
- 2) ε_v : indicele de eficiență a ventilării
- 3) C_{contr} : coeficient ce depinde de sistemul local de control al debitului de aer
- 4) C_{sist} : coeficient ce depinde de imperfecțiunile componentelor sistemului (ajustare, instalare, etc.)
- 5) C_{pierd} : coeficient ce depinde de pierderile de aer din conductele de transport și din centrala de ventilare
- 6) C_{rec} : coeficient de recirculare, în special pentru sistemele VAV (cu volum de aer variabil)

Coeficientul C_{util} descrie starea de funcționare (”pornit” sau ”oprit”) a ventilatorului. El depinde de scopul instalației de ventilare: consum redus de energie, igienă, asigurarea calității aerului și de obișnuințele ocupanților. Din considerente igienice, instalația ar trebui pornită înainte de începerea perioadei de ocupare în scopul ”curățirii” aerului interior de poluanții acumulați în perioada de neocupare și oprită la câțva timp după plecarea ocupanților, în vederea diluării poluanților acumulați. Din considerente energetice, se poate utiliza ventilarea pentru răcirea nocturnă.

Eficiența ventilării ε_v este mărimea care exprimă relația existentă între concentrația de poluant din aerul introdus, cea din aerul evacuat și concentrația interioară din zona ocupată a încăperii. eficiența se calculează pe baza relației:

$$\varepsilon_v = \frac{C_{ev} - C_{intr}}{C_i - C_{intr}} \quad (2.67)$$

unde :

C_{ev} concentrația de poluant în aerul evacuat din încăperea,

C_{intr} concentrația de poluant în aerul introdus în încăperea,

C_i concentrația de poluant în interior, în zona ocupată.

Această mărime depinde de concentrația din aerul evacuat și de cea din zona de ocupare. Pentru sisteme de ventilare eficiente, poate avea valori supraunitare. În lipsa unor date specifice se poate considera $\varepsilon_v=1$, valoare care corespunde sistemelor de tip „amestec complet”.

Coeficientul de control local al debitului de aer C_{contr} trebuie calculat în funcție de eficiența sistemului de control al instalației. Pentru sistemele de ventilare cu volum de aer variabil, coeficientul C_{contr} (<1) reprezintă raportul dintre debitul de aer realizat la un moment dat de instalație q_{intr} (sau q_{ev}) și debitul necesar $q_{intr,nec}$ (sau $q_{ev,nec}$), (valoare impusă din proiectarea instalației).

Coeficientul de permeabilitate a canalelor de transport ale aerului este dat de relația:

$$q_{V, pierd} = \frac{A_{cond} KdP_{cond}^{0.65}}{1000} \quad (2.68)$$

în care:

$q_{V, pierd}$ debitul de aer pierdut din conductă în lungul traseului de distribuție (dm^3/s);

A_{cond} aria laterală a conductei de transport (m^2);

dP_{cond} diferența de presiune dintre aerul din conductă și aerul exterior (Pa) – cu următoarele particularizări:

- pentru conducta de refulare, se consideră ca media dintre diferența de presiune măsurată la ieșirea din centrala de ventilare și diferența de presiune măsurată înainte de ieșirea aerului din gura de refulare;

- pentru conducta de aspirație-evacuare, se ia ca media dintre diferența de presiune măsurată imediat după intrarea aerului în gura de aspirație și diferența de presiune măsurată la intrarea în centrala de ventilare
- K etanșeitatea canalului de aer ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$) pentru o diferență de presiune de 1 Pa – determinată conform EN 12337 (pentru conducte circulare) sau prEN 1507 (pentru conducte rectangulare)

$$C_{pierd} = 1 + \frac{q_{V,pierd}}{q_{V,nec} C_{cont} C_{sist}} * \varepsilon_v \quad (2.69)$$

Această ecuație poate fi aplicată fie pentru debitul refulat, fie pentru cel aspirat sau evacuat. Aria canalului trebuie calculată conform EN 14239a.

Coeficientul de permeabilitate la aer al centralei de ventilare C_{pierd} , este exprimat prin:

$$C_{pierd} = 1 + \frac{q_{V,pierdCTA}}{q_{V,nec} C_{cont} C_{sist}} * \varepsilon_v \quad (2.70)$$

unde debitul care se pierde în centrală, $q_{V,pierdCTA}$ se determină cf. EN 1886.

Coeficient de permeabilitate la aer interior si exterior se consideră:

Dacă centrala de ventilare este amplasată la interior atunci:

$$C_{pierd,int} = C_{pierd\_c} C_{pierd\_CTA} \quad \text{si} \quad C_{pierd,ext} = 1 \quad (2.71)$$

Dacă centrala de ventilare CV este amplasată la exterior atunci:

$$\begin{aligned} C_{pierd,int} &= 1 + R_{cond\_int} (1 - C_{pierd\_cond}) \\ C_{pierd,ext} &= 1 + (1 - R_{cond\_int}) (1 - C_{pierd\_cond}) C_{pierd\_CTA} \end{aligned} \quad (2.72)$$

în care:

$$R_{cond\_int} = \frac{A_{cond\_int}}{A_{cond}}$$

unde A_{cond_int} reprezintă aria laterală a conductelor situate la interior.

NOTA: în dimensionarea ventilatoarelor si calculul debitelor de aer la ventilatoare, pierderile de aer ale conductelor de transport ale aerului si CTA-urilor trebuie adaugate la suma debitelor proiectate pentru refularea/aspiratie din încăperile ventilate.

Coeficientul de recirculare C_{rec} . Acest coeficient (>1) este utilizat în principal pentru sistemele cu debit de aer variabil, tip VAV cu recirculare. El ia în considerare necesitatea de a introduce mai mult aer proaspăt decât cel recomandat. Anexa II.2.G ofera o metoda pentru determinarea acestui coeficient.

Pe baza coeficienților enumerați, se determină debitele de aer.

Debitul de aer refulat si evacuat pe cale mecanică din zona ventilată

Aceste două debite se calculează cu relațiile:

- debitul de ventilare introdus în zona de calcul,

$$q_{v,r} = (q_{v\_sup,r} C_{cont} C_{pierd,int} C_{rec}) / \varepsilon_v \quad (2.73)$$

respectiv:

- debitul de ventilare evacuat din zona de calcul

$$q_{v,ev} = (q_{v\_sup,ev} C_{cont} C_{pierd,int} C_{rec}) / \varepsilon_v \quad (2.74)$$

în care:

$q_{v\_sup,r}$ reprezintă debitul maxim ce trebuie refulat în zona (valoare de proiect) și

$q_{v\_ev,r}$ reprezintă debitul maxim ce trebuie evacuat din zona (valoare de proiect).

Debitul de aer refulat si evacuat pe cale mecanică din centrala de ventilare

Aceste două debite se calculează cu relatii similare și anume:

$$q_{v,r\_CV} = (q_{v\_sup,r} C_{cont} C_{pierd} C_{rec}) / \varepsilon_v \text{ - debitul de ventilare refulat la iesirea din CTA,} \quad (2.75)$$

respectiv:

$$q_{v,ev\_CV} = (q_{v\_sup,ev} C_{cont} C_{pierd} C_{rec}) / \varepsilon_v \text{ - debitul de ventilare evacuat la iesirea din CTA} \quad (2.76)$$

unde:

$C_{pierd} = C_{pierd,int} + C_{pierd,ext}$ reprezintă pierderile de aer totale din instalație (la interior și la exterior).

2.6.5 Ventilarea pasivă si hibrida

Un sistem de ventilare naturală cu coș de ventilare este compus din:

1. guri de introducere a aerului;
2. dispozitiv de evacuare a aerului în exterior (căciula, deflector);
3. canal de transport al aerului;
4. guri de evacuare a aerului din încăperea sau zona

Scopul calculului este de a determina debitul de aer din sistem, ținând cont de condițiile interioare și exterioare.

Un sistem de ventilare hibridă reprezintă un sistem ce comuta ventilarea naturală în ventilare mecanică și invers, în funcție de tipul de control utilizat.

Pentru determinarea debitului din sistem, se urmărește curgerea aerului prin dispozitive de evacuare de tip "căciuli de ventilare".

O căciulă de ventilare este caracterizată de următoarele mărimi:

- coeficientul de pierderi de sarcină ξ ;
- efectul de succiune datorat vitezei vântului în jurul căciulii, dependent de viteza vântului de referință $v_{v,ref}$ (dependența de zona eoliană în care se găsește clădirea studiată) și de viteza aerului în conducta de evacuare v_{cond} ; acest efect este caracterizat de un coeficient adimensional C conform relației:

$$C(v_v, v_{cond}) = \frac{\Delta p_{caciula}}{p_{din}} \quad (-) \quad (2.77)$$

în care $p_{din} = \frac{\rho_{aer} v_v^2}{2}$ (Pa) este presiunea dinamică datorată vântului, iar v_v (m/s) viteza vântului de calcul; $\Delta p_{caciula}$ (Pa) reprezintă diferența de presiune (pierdere de sarcină) la nivelul căciulii de ventilare, ce se poate determina cu relațiile:

$$\text{- pentru cazul absentei vântului (} v_v=0 \text{): } \Delta p_{caciula} = \xi \frac{\rho_{aer} v_{cond}^2}{2} \quad (2.78)$$

$$\text{- pentru cazul prezenței vântului: } \Delta p_{caciula} = C(v_{v,ref} v_{cond}) \frac{\rho_{aer} v_{v,ref}^2}{2} \quad (2.79)$$

Pentru diferite viteze ale vântului, este posibilă utilizarea unei legi de similitudine după cum urmează:

Pentru o viteză a vântului $v_{v,real}$ diferită de cea de referință $v_{v,ref}$ coeficienții C raman neschimbati dacă v_{cond} se înmulțeste cu raportul $v_{v,real}/v_{v,ref}$ ceea ce permite existența relației de similitudine:

$$C\left(v_{v,real}, v_{cond}, \frac{v_{v,real}}{v_{v,ref}}\right) = C(v_{v,real}, v_{cond}) \quad (2.80)$$

Relațiile de mai sus se aplică după cum urmează:

- se cunoaste viteza reală a vântului v_v ;
- se aplică legea similitudinii pentru a afla viteza reală a aerului în conductă:

$$v_{cond,1} = v_{cond,max} \frac{v_v}{v_{v,ref}} \quad (2.81)$$

în care $v_{cond,max}$ este viteza maximă a aerului în conductă obținută la testare.

Cazuri posibile:

- 1) pentru viteze ale aerului în conductă mai mici ca $v_{cond,1}$, $\Delta p_{caciula}$ se calculează utilizand legea similitudinii si prin interpolare între diferitele puncte obținute în urma testarii experimentale.
- 2) pentru viteze ale aerului în conductă mai mari ca $v_{cond,1}$, este importantă tranziția către curba ce caracterizează situația "fără vânt" pastrand totusi o curba monotona; pentru aceasta se recomandă cautarea unui punct $v_{cond,2}$ pentru care $\Delta p_{caciula}$ este mai mare decat $\Delta p_{caciula}(v_{cond,1})$. Acest lucru se poate face prin încercari, punand întâi $v_{cond,2} = 2 v_{cond,1}$, apoi: $v_{cond,2} = 3 v_{cond,1}$ si asa mai departe.
- 3) pentru v_{cond} situat între $v_{cond,1}$ si $v_{cond,2}$, valoarea lui c se obtine prin interpolare liniara între cele 2 puncte: $(v_{cond,1}; \Delta p_{caciula}(v_{cond,1}))$ si $(v_{cond,2}; \Delta p_{caciula}(v_{cond,2}))$
- 4) pentru v_{cond} mai mare decat $v_{cond,2}$, curba pierderii de sarcina este $\Delta p_{caciula}(0, v_{cond})$.

Se poate introduce un factor de corectie în functie de unghiul acoperișului si pozitia față de coamă a căciulii. Dispozitivele normale de evacuare a aerului în exterior (căciuli de ventilare, deflectoare) nu sunt pozitionate la nivelul coamei acoperișului, ci sunt suprainaltate cu o distanta de 0,1 pana la 2 m fata de aceasta. Presiunea dinamica a vântului exercitata asupra unui astfel de dispozitiv sau asupra unei guri de ventilare amplasate în fatada depinde si de unghiul de înclinare (panta) acoperișului - a se vedea figura 2.9.

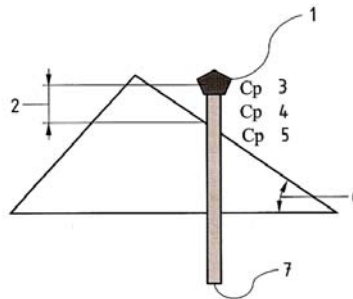


Fig. 2.9 Poziția unei căciuli de ventilare pe acoperiș si a coeficienților de presiune dinamica. S-au notat: 1. Gura de evacuare sau dispozitiv de evacuare pe acoperiș (căciula ventilare) 2. Înălțimea de

amplasare a dispozitivului deasupra coamei acoperișului 3. C_p pentru căciula de ventilare $C_{p,căciula}$ 4. C_p mediu pe înălțime $C_{p,inalt}$ (corectie pentru pozitionarea căciunii deasupra acoperișului) 5. C_p la nivelul coamei acoperișului $C_{p,acop}$ 6. Panta acoperișului 7. Conducta de evacuare a aerului pe acoperiș

Coeficientul de presiune datorat vântului la nivelul dispozitivului de evacuare se obține prin însumarea celor trei coeficienți de presiune definiți anterior:

$$C_p = C_{p,căciula} + C_{p,inalt} + C_{p,acop}$$

Pentru $C_{p,inalt}$ (corectia de înălțime) a se vedea tabelul 2.12.

Tabelul 2.12 Corecții de înălțime

Inaltimea căciunii de ventilare deasupra coamei acoperișului	$C_{p,inalt}$ (-)
< 0,5 m	- 0,0
0,5 – 1,0 m	-0,1
> 1 m	-0,2

2.6.6 Debite de aer pentru combustie (ardere)

Debitul suplimentar de aer preluat din exterior, necesar pentru funcționarea corectă a aparatelor de încălzire cu combustie locală (pe gaz sau alt combustibil) având puterea instalată P (în kW) trebuie calculat astfel:

$$q_{v,comb} = 3,6 F_{as} F_f P \quad [m^3/h] \quad (2.82)$$

unde:

F_{as} factor de aparat/sistem de combustie

F_f factor de combustibil

P puterea termică a aparatului [kW]

Factorul de aparat/sistem de combustie ține cont dacă debitul de aer pentru combustie traversează sau nu încăperea, valorile pentru acest factor fiind date în tabelul 2.13.

Factorul de combustibil depinde de debitul specific de aer necesar pentru arderea tipului de combustibil utilizat (debit normalizat la temperatura interioară).

Tabel 2.13 Date pentru factorul de aparat/sistem de combustie

Situația aerului de combustie	Situația gazelor evacuate	Sistemul de combustie utilizat	Factor de aparat/sistem
Aerul de combustie este preluat din interior	Gazele de ardere sunt evacuate în încăperea	- soba de bucatarie - aparat funcționând cu gaz conform CR 1749 tip A	0
Aerul de combustie este preluat din interior	Gazele de ardere sunt evacuate prin conductă separată către exterior	- loc de combustie deschis (gaz) - aparat funcționând cu gaz conform CR 1749 tip B	1
Aerul de combustie este preluat din interior	Gazele de ardere sunt evacuate în aceeași conductă în care este evacuat aerul extras din încăperea pe cale mecanică	- aparat specific funcționând cu gaz	*)

Aerul de combustie este preluat din exterior prin conducta separata, izolata fata de încăperea	Gazele de ardere sunt evacuate prin conducta separata catre exterior	- aparat functionand cu gaz conform CR 1749 tip C - loc de combustie închis (lemn, carbune sau alternativ)	0
*) NOTA: Considerat ca sistem mecanic de evacuare, dar cu volum de aer variabil, depinzand de sistemul de evacuare si de tipul de aparat de combustie			

2.6.7 Calculul debitelor de aer infiltrat/exfiltrat prin metoda iterativă

Debitele de aer sunt determinate de orientarea și înălțimea la care este amplasat fiecare element aeraulic (orificiu, fisură) precum și de caracteristicile clădirii, zonei și gradului de adăpostire.

Fiecare component aeraulic al anvelopei exterioare este caracterizat prin:

- coeficientul său de presiune dinamică $C_{p,comp}$ și
- înălțimea sa față de planul 0 al zonei considerate h_{comp}

Diferența de presiune la nivelul acestui component se va scrie ca o diferență între presiunea exterioară și presiunea interioară de o parte și de alta a componentului aeraulic:

$$dP_{comp} = P_{ext,comp} - P_{int,comp} \quad (2.83)$$

în care:

$$P_{ext,comp} = \rho_{aer,ref} \left(\frac{1}{2} C_{p,comp} v_v^2 - h_{comp} g \frac{T_{e,ref}}{T_e} \right)$$

$$P_{int,comp} = P_{int,ref} - \rho_{aer,ref} h_{comp} g \frac{T_{i,ref}}{T_i},$$

în care:

- $P_{ext,comp}$: presiunea exterioară la nivelul componentului aeraulic (Pa);
 $P_{int,comp}$: presiunea interioară la nivelul componentului aeraulic (Pa);
 $P_{int,ref}$: presiunea interioară de referință (Pa);
 $T_{e,ref}$: temperatura exterioară de referință, egală cu 293.15 K;
 T_e : temperatura exterioară reală măsurată, funcție de ora zilei și localitatea respectivă;
 $T_{i,ref}$: temperatura interioară de referință, egală cu 293.15 K;
 T_i : temperatura interioară reală măsurată, în funcție de oră;
 $\rho_{aer,ref}$: densitatea de referință a aerului, egală cu 1,2 kg/m³ (la 293.15 K), în funcție de care se aplică corecțiile necesare.

Fiecare component aeraulic al anvelopei exterioare, supus unei diferențe de presiune va fi traversat de un debit de aer volumic care se calculează cu relațiile:

$$q_{v,inf} = C_{inf} \operatorname{semin} (dP_{comp}) \left| dP_{comp} \right|^{0.667} \quad (2.84)$$

pentru debite exfiltrate/infiltrate prin fisuri sau neetanșeități ale anvelopei,

respectiv:

$$q_{v,inf} = C_{inf} \operatorname{seemn}(dP_{comp}) \left| dP_{comp} \right|^{0.5} \quad (2.85)$$

pentru debite care pătrund prin orificii mari din anvelopă.

În cazul unor deschideri particulare, această ultimă ecuație poate fi înlocuită cu o alta mai precisă, în cazul când componentul a fost testat conform normei EN 13141-1 (pentru debitul prin deschideri).

Rezolvând iterativ ecuația:

$$q_{vinf} + q_{vev} + \sum q_{vcomp} + q_{vpas} + q_{vcomp} = 0 \quad (2.86)$$

unde singura necunoscută este presiunea internă de referință pref, se determina valoarea acestei presiuni. Debitul real de aer care traversează fiecare component (deschidere) se calculează cu relațiile (2.84) și (2.85), folosind diferențele de presiune raportate la presiunea de referință calculată.

2.6.8 Calculul debitului de aer prin deschiderile ferestrelor (aerisire)

Pentru o fereastră amplasată pe o singură fațadă a încăperii de calcul (absența unei ventilări transversale) debitul volumic pătruns prin fereastră q_F (m^3/h) se scrie:

$$q_F = 3.6 * 500 * A_F * v_v^{0.5}, \quad (2.87)$$

în care v_v (viteza vântului, în m^3/h) se exprimă prin relația:

$$v_v = C_t + C_v * v_{ref} + C_{tt} * H_F * |T_i - T_e| \quad (2.88)$$

în care:

A_F :	aria ferestrei (m^2);
$C_t=0,01$	coeficient funcție de turbulența vântului;
$C_v=0,001$	coeficient funcție de viteza vântului;
$C_{tt}=0,0035$	coeficient funcție de efectul tirajului termic (presiunii termice);
V_{ref} :	viteza de referință a vântului măsurată la 10m înălțime deasupra solului;
T_i :	temperatura interioară (K);
T_e :	temperatura exterioară (K).

Raportul dintre debitul de aer cu fereastră parțial deschisă și debitul de aer cu fereastră complet deschisă se calculează în funcție de unghiul de deschidere și este independent de raportul dintre lățimea și înălțimea ferestrei:

$$C_k(\alpha) = \frac{q_F(\alpha)}{q_F} \quad (2.89)$$

Acest raport se poate aproxima cu un polinom în funcție de unghiul α :

$$C_k(\alpha) = 2.6 * 10^{-7} * \alpha^3 - 1.19 * 10^{-4} * \alpha^2 + 1.86 * 10^{-2} * \alpha \quad (2.90)$$

cu condițiile la limită: $C_k(\alpha)=0$ pentru $\alpha=0$ (fereastra complet închisă) și $C_k(\alpha)=1$ pentru $\alpha=180$ (fereastra complet deschisă).

Ca alternativă, se poate folosi un calcul simplificat, după cum urmează:

Atunci când criteriul de deschidere a ferestrei este îmbunătățirea calității aerului interior, se consideră că utilizatorii recurg la un comportament în sensul măririi debitului de aer prin ferestre față de cel stipulat în reglementări ca valoare minimă. Coeficientul C_{aerare} ține cont de acest comportament, conform relației:

$$q_F = C_{aer} * \max(q_{F, sup}, q_{F, nec}) \quad (2.91)$$

Coeficientul C_{aer} ține cont de frecvența și perioada diurnă a deschiderii ferestrei de către ocupanți, precum și de gradul diurn de ocupare al încăperii în care se află fereastra respectivă. Acest coeficient trebuie definit pentru fiecare situație în parte, în special dacă ventilarea naturală prin deschiderea ferestrelor se consideră un sistem de ventilare separat și autonom.

În lipsa altor valori în documentația tehnică, pentru mărimile utilizate în relațiile din § 2.6, se pot utiliza valorile din anexa II.2. E date de proiectare

2.6.9 Calculul consumului anual de energie pentru ventilare naturală și mecanică

▪ Valori de calcul pentru sistemele de distribuție a aerului din încăperi

$C_{util}=0$ pe perioada nefuncționării sistemului de ventilare (ventilator oprit), respectiv $C_{util}=1$ pe perioada de funcționare;

$\varepsilon_v=1$;

$C_{contr}=1$;

$C_{sist}=1.2$;

$C_{aer}=1.8$;

Pentru ventilarea în regim liber și în regim de noapte nu se pot defini valori implicite, fiind necesară intervenția unui expert tehnic autorizat la instalația de ventilare, care să evalueze strategia de control a sistemului pe perioada de funcționare a acestuia.

▪ **Valori implicite pentru sistemul de ventilare centralizat** (centrală de ventilare CV) sau local (ventilator local, aerotermă etc..)

- Pierderile de aer în canalele de transport ale aerului aflate în suprapresiune și CV

Se propune neglijarea pierderilor de aer în centrala de ventilare dacă aceasta a fost testată conform normativului EN 1886 și a obținut clase de etanșitate de minim L3.

Se recomandă următoarele valori pentru permeabilitatea K ($m^3/s \cdot m^2$) a canalului de aer, raportul dintre debitul pierdut din canal către exterior și debitul total transportat, r (%) și pentru coeficientul de pierdere de aer din canal $C_{pierd,c}$.

Tabel 2.15 Marimi necesare pentru calculul pierderilor de aer în conducte

	K	r	$C_{pierd,c}$
Valoare implicită= 2.5* valoare clasa A	$6.75 \cdot 10^{-5}$	0.150	1.15
Clasa A	$2.7 \cdot 10^{-5}$	0.060	1.06
Clasa B	$9 \cdot 10^{-6}$	0.020	1.02
Clasa C sau superioară	$3 \cdot 10^{-6}$	0.00	1.0

Valorile pentru CV sunt redată în tabelul de mai jos:

Tabel 2.16 Marimi necesare pentru calculul pierderilor de aer în CV

	K	r	$C_{pierd,CV}$
Valoare implicită=2.5*valoare clasa A	$6.75 \cdot 10^{-5}$	0.150	1.06
Clasa A	$2.7 \cdot 10^{-5}$	0.060	1.02
Clasa B	$9 \cdot 10^{-6}$	0.020	1.01
Clasa C sau superioară	$3 \cdot 10^{-6}$	0.00	1.0

▪ **Valori ale coeficientului de presiune dinamică C_p** ținând cont și de posibila ventilare transversală

- Valori C_p pentru clădiri cu ventilare transversală

Valorile lui C_p vor fi indicate în **Anexa II.2.F** atât pentru fațadele neadăpostite la vânt cât și pentru cele adăpostite (opuse direcției vântului). Pentru acoperiș, valoarea lui C_p se consideră egală cu cea a fațadei adăpostite.

- Valori ale C_p pentru clădiri fără ventilare transversală

În acest caz, pentru a lua în considerare suprapresiunea vântului pe fațada neadăpostită, se majorează C_p din cazul anterior cu 0.05 pentru aceasta, și se scade C_p cu 0.05 pentru fațada adăpostită.

▪ **Repartizarea rosturilor și neetanșeităților la nivelul întregii anvelope**

În cazul necunoașterii amplasării exacte a rosturilor și neetanșeităților anvelopei prin care se produc infiltrații/exfiltrații, se consideră o repartizare convențională a acestora pe cele două fațade, după cum urmează:

$C_{infiltr/exfiltr,zona}$ (pierdere de aer din zonă) = 0.67 (convențional);

- pentru fațadă

$$C_{infiltr/exfiltr,fațada} = C_{infiltr/exfiltr,zona} \frac{A_{fațada}}{A_{acoperis} + A_{fațada}}; \quad (2.92)$$

- pentru acoperiș

$$C_{infiltr/exfiltr,acoperis} = C_{infiltr/exfiltr,zona} \frac{A_{acoperis}}{A_{acoperis} + A_{fațada}} \quad (2.93)$$

- În funcție de poziția pe înălțime a unui component aerulic față de zona respectivă (H_c față de H_z înălțimea zonei), se consideră următorii coeficienți de pierderi aerulice, în funcție de tipul fațadei și de prezența acoperișului tip șarpantă:

Tabel 2.17

Înălțime component	Fațadă neadăpostită	Fațadă adăpostită	Acoperiș
$H_c=0.25 \cdot H_z$	$0,25 \cdot C_{infiltr/exfiltr,fatada}$	$0,25 \cdot C_{infiltr/exfiltr,fatada}$	
$H_c=0.75 \cdot H_z$	$0,25 \cdot C_{infiltr/exfiltr,fatada}$	$0,25 \cdot C_{infiltr/exfiltr,fatada}$	
$H_c=H_z$			$C_{infiltr/exfiltr,acoperis}$

- Repartizarea gurilor de ventilare naturală la nivelul întregii anvelope

Tabel 2.18

Înălțime component	Fațadă neadăpostită	Fațadă adăpostită	Acoperiș
$H_c=0.25 \cdot H_z$	$0,25 \cdot C_{intr,fatada}$	$0,25 \cdot C_{intr,fatada}$	
$H_c=0.75 \cdot H_z$	$0,25 \cdot C_{intr,fatada}$	$0,25 \cdot C_{intr,fatada}$	

▪ Concentrații exterioare de calcul pentru poluanții gazoși

Deoarece nu există recomandări sau reglementări pentru totalitatea poluanților și cele existente nu sunt omogene între țări, sunt necesare interpretări documentate din partea proiectantului. Se ia în considerare impactul potențial al amestecurilor de poluanți și nu numai al poluanților individuali.

Poluanții gazoși tipici care se iau în considerare la evaluarea aerului exterior pentru proiectarea instalațiilor de ventilare și de climatizare a încăperilor sunt monoxidul de carbon, bioxidul de carbon, bioxidul de sulf, oxizi de azot și compuși organici volatili (VOC – de exemplu benzen, solvenți și hidrocarburi poliaromate). Impactul asupra mediului interior al acestor poluanți exteriori depinde de reactivitatea acestora. De exemplu, monoxidul de carbon este relativ stabil și prezintă o absorbție redusă la nivelul suprafețelor interioare. Prin contrast, ozonul din aerul exterior nu este în mod uzual luat în calcul pentru proiectarea instalației datorită reactivității sale ridicate și reducerii foarte rapide a concentrației acestuia în instalația de ventilare și în încăperea. Alți poluanți gazoși sunt în cele mai multe cazuri între aceste extreme.

Prin conținut de particule se înțelege cantitatea totală a particulelor solide și lichide din aer, de la praful vizibil și până la particulele sub un micron. Majoritatea ghidurilor se referă la PM₁₀ (conținut de particule cu un diametru aerodinamic de până la 10 μm), însă se acceptă din ce în ce mai mult faptul că, în scopul asigurării protecției sănătății, o atenție deosebită trebuie acordată particulelor mici. În cazul în care este necesar să se țină seama de particulele biologice, ghidurile PM₁₀ nu sunt aplicabile și cel mai important aspect îl constituie riscul imunologic sau infecțios reprezentat de aceste particule.

Ca o recomandare, în tabelul 2.19 sunt prezentate exemple de niveluri pentru calitatea aerului exterior.

Tabelul 2.19 : Exemple de concentrații ale poluanților din aerul exterior

Descrierea amplasamentului	Concentrație					
	CO ₂ ppm	CO mg/m ³	NO ₂ μg/m ³	SO ₂ μg/m ³	TOTAL PM mg/m ³	PM ₁₀ μg/m ³
Mediu rural ; fără surse importante	350	< 1	5 – 35	< 5	< 0,1	< 20
Oras mic	375	1 – 3	15 – 40	5 – 15	0,1 – 0,3	10 – 30
Centrul orasului - poluat	400	2 - 6	30 - 80	10 - 50	0,2 – 1,0	20 - 50

NOTĂ – Valorile indicate pentru poluanții aerului reprezintă concentrații anuale și nu trebuie să fie utilizate pentru proiectarea instalațiilor. Concentrațiile maxime sunt mai ridicate. Pentru informații suplimentare se utilizează măsurările locale și ghidurile naționale.

Debite specifice de aer proaspăt (exterior) pentru o persoană

Această metodă este o metodă practică bine fundamentată pentru toate situațiile în care încăperile sunt destinate ocupării umane tipice. Debitele de aer exterior (furnizate de instalația de ventilație) pentru o persoană în cazul activității normale într-un birou sau în casă, cu o rată metabolică de 1,2 met, sunt indicate în tabelul 2.20. Aceste valori sunt utilizate în mod curent la proiectarea instalației. Valorile trebuie să fie respectate în zona ocupată. Debitele indicate pentru zone de nefumători țin seama atât de metabolism, cât și de emisiile tipice în clădiri cu poluare redusă. În cazuri cu niveluri ridicate de activitate (met >1,2), debitele de aer exterior trebuie să fie majorate cu un factor de (valoare reala met)/1,2.

Tabel 2.20 Debitul specific de aer proaspăt pe persoană

Categorie	Unitate de masura	Debit de aer pentru o persoana			
		Zona nefumatori		Zona fumatori	
		Domeniu tipic	Valoare prin lipsă	Domeniu tipic	Valoare prin lipsă
INT 1	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	> 54 > 15	72 20	> 108 > 30	144 40
INT 2	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	36 – 54 10 – 15	45 12,5	72 – 108 20 – 30	90 25
INT 3	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	22 – 36 6 – 10	29 8	43 – 72 12 – 20	58 16
INT 4	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	< 22 < 6	18 5	< 43 < 12	36 10

Este recomandată **în mod special** alegerea materialelor de construcție nepoluante sau cu poluare redusă, inclusiv mobila, covoarele și instalația de ventilație propriu-zisă, în locul creșterii debitului de aer exterior în scopul diluării acestor emisii posibil a fi evitate. Debitele indicate pentru zonele de fumători sunt valabile pentru zonele în care este permis fumatul. Se recomandă definirea zonelor de fumători și nefumători și adaptarea instalației la situația corespunzătoare.

Debite specifice de aer exterior raportate la aria pardoselii

Această metodă poate fi utilizată în anumite cazuri la proiectarea instalației pentru încăperi fără ocupare umană și fără o destinație clară (de exemplu încăperi de depozitare). Debitele de aer pe unitate de arie a pardoselii sunt indicate în tabelul 2.21. Acestea se bazează pe un timp de funcționare de 50% și pe o înălțime a încăperii de 3 m. Pentru timp de funcționare mai mic și pentru încăperi mai înalte, debitele de aer trebuie să fie mai mari.

Tabelul 2.21 Debite de aer exterior sau transferat pe unitate de arie utilă a pardoselii pentru încăperi cu altă destinație decât ocupare umană

Categorie	Unitate de masura	Debit de aer exterior sau transferat pe unitate de arie a pardoselii	
		Domeniu tipic	Valoare prin lipsă
INT 1	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	*	*
INT 2	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	> 2,5 > 0,7	3 0,83
INT 3	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	1,3 – 2,5 0,35 – 0,7	2 0,55
INT 4	$m^3/(s \cdot pers)$ $l/(s \cdot pers)$	< 1,3 < 0,35	1 0,28

2.7. Calculul consumului de energie pentru ventilarea clădirilor

2.7.1. Domeniu de aplicare: clădiri dotate cu sisteme de ventilare și climatizate, fără controlul umidității interioare în perioada de vară. Pot fi incluse și sistemele de încălzire și răcire cu aer, dacă acestea au și rol de ventilare.

Calculul se aplică la clădiri rezidențiale sau nerezidențiale sau părți ale acestora.

2.7.2. Obiectiv: evaluarea impactului energetic al sistemelor de ventilare din clădiri, ca parte a procedurilor complexe de evaluare energetică a clădirilor și sistemelor aferente. În acest scop sunt detaliate:

- temperatura și umiditatea aerului de ventilare care pătrunde în clădiri,
- calculul consumului de energie pentru vehicularea aerului și
- calculul energiei pentru pretratarea aerului de ventilare/climatizare.

2.7.3. Conținut general

În acest paragraf se dau metodele de calcul pentru:

- necesarul de energie la ventilatoare și alte elemente auxiliare ale sistemului de ventilare;
- energia necesară pentru dezghețul bateriilor de preîncălzire și prerăcire;

Necesarul de energie pentru încălzirea aerului infiltrat nu face obiectul prezentului paragraf. Aceste energii vor depinde de sistemul și de combustibilul utilizat și vor fi defalcate pe tipuri de procese termodinamice (încălzire, răcire sau ventilare). În unele cazuri este necesar de precizat ipotezele de calcul, de exemplu dacă un ventilator este utilizat în cadrul unor procese de încălzire, răcire sau ventilare simplă.

2.7.4 Metoda de calcul

Pe baza debitelor de introducere considerate cunoscute, procedura de calcula:

- temperaturile și umiditățile debitelor de aer ce sunt refulate în zonele încălzite sau răcite;
- energia consumată pentru a realiza această tratare

În cazul în care aerul este introdus în încăperi prin deschideri pasive (guri pentru ventilarea naturală) sau ferestre, se consideră că acest aer are caracteristicile termodinamice ale aerului exterior.

Dacă acest aer este preluat dintr-un spațiu adiacent zonei de calcul, temperatura acestui spațiu se calculează conform § 2.4.

Dacă aerul este introdus în încăperi printr-un sistem de ventilare echilibrat sau nu aeraulic se determină modul în care se modifică parametrii termodinamici ai aerului, precum și modul de calcul al energiei necesare pentru tratarea acestuia.

2.7.4.1 Pierderi de căldură prin suprafața canalelor de transport al aerului

a) Pierderi de căldură prin conductele (canalele) situate în încăperea/zona climatizată
Aceste pierderi trebuie luate în considerare doar atunci când diferența dintre temperatura aerului transportat și temperatura încăperii sau zonei climatizate este semnificativă. Ele pot fi neglijate în cazul când sistemul nu asigură încălzirea sau răcirea aerului, ci doar ventilarea simplă.

b) Pierderi de căldură prin conductele situate în afara încăperii/zonei climatizate :

Temperatura și umiditatea aerului din conductă se calculează cu relațiile:

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \theta_1 + \Delta T_{cta} \\ x_2 &= x_1\end{aligned}\quad (2.94)$$

și

$$\Delta T_{cta} = (\theta_1 - \theta_{ext}) \left(1 - e^{-\frac{H_{cta}}{0,34 q_{v,cta}}} \right) s \quad (2.95)$$

unde :

θ_1, x_1 temperatura și conținutul de umiditate al aerului la intrare în conductă, [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}$ aer uscat],

θ_2, x_2 temperatura și conținutul de umiditate al aerului la ieșire din conductă, [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}$ aer uscat],

H_{cta} pierderea de căldură a aerului prein pereții conductei, către mediul ambiant, [W/K],

$q_{v,cta}$ debitul de aer din conductă [m^3/h].

c) Pierderi de aer din conductele de transport ale aerului

Aerul infiltrat în/din conductele de transport de aer se calculează conform § 2.6.7. Dacă aerul este exfiltrat din conductă, nu există o modificare a parametrilor termodinamici ai aerului transportat de aceasta. Dacă însă se infiltrează aer în conductă, acești parametri se modifică în funcție de parametrii aerului infiltrat, care se amestecă cu cel transportat.

2.7.4.2 Ventilatoare

Creșterea de temperatură a aerului la trecere prin ventilator, ΔT_{vent} se calculează cu relația :

$$\Delta T_{vent} = \frac{F_{vent} R_{rc}}{\rho c q_{v,vent}} \quad (2.96)$$

unde :

ΔT_{vent} - diferența de temperatură cu care se încălzește aerul în ventilator, [$^{\circ}\text{C}$],

ρ_{aer} (kg/m^3) este densitatea aerului,

$c_{p,aer}$ (J/kgK) căldura specifică masică a aerului.

Se cunosc:

- debitul volumic la ventilator $q_{v,vent}$ (m^3/h);
- puterea instalată la ventilator P_{vent} (W);
- rata de transformare a energiei electrice în căldură, absorbită de aer R_{rc} – (valori în tabelul 2.22)

La 20°C , produsul $\rho_{aer} c_{p,aer}$ este aproximativ egal cu $1215 \text{ J}/\text{m}^3\text{K}$.

Tabel 2.22 Rata de recuperare e e puterii ventilatorului

Motor plasat în curentul de aer	0,9
Motor plasat în afară curentului de aer	0,6
Pozitie necunoscuta	0,75

Pentru ventilarea mecanica controlata cu volum de aer constant (sistem CAV – Constant Air Volume) sau variabil (sistem VAV – Variable Air Volume) fără aer recirculat (adica 100% aer exterior) se poate afirma ca puterea medie consumata este similara cu cea obtinuta pentru un debit volumic de aer $C_{cont} q_v$ (m^3/h), pentru simplificarea calculului.

Pentru sistemele VAV cu recirculare, C_{cont} depinde de actiunea asupra clapetei de reglare pe aerul exterior în timp ce puterea absorbita de ventilator depinde de raportul dintre debitul mediu refulat si debitul maxim refulat.

In orice situatie, reglarea ventilatorului trebuie luata în calcul pentru a determina cat de mult scade puterea absorbita de ventilator în raport cu puterea absorbita în conditii nominale de functionare.

Daca nu este disponibila nici o informatie, urmatoarele curbe caracteristice $q_v - P_{abs}$ (%) pot da o idee asupra diverselor tipuri de reglare posibile la ventilator – figura 2.10.

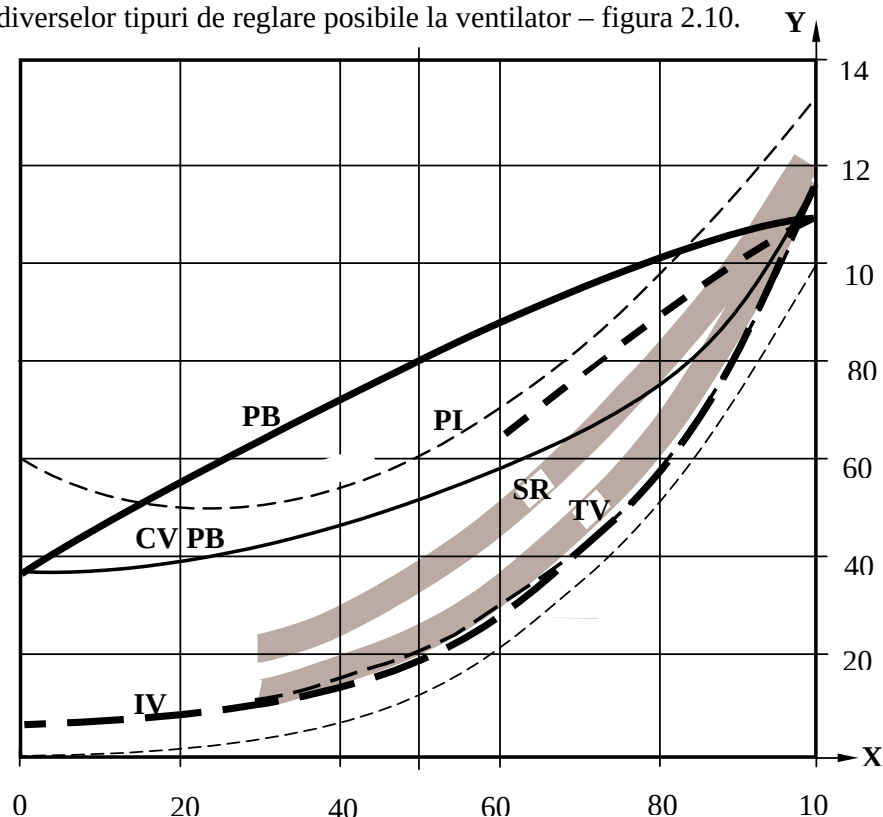


Figura 2.10 : Curbe de dependenta $q_v - P_{abs}$ în diverse cazuri de reglare a ventilatoarelor

PB – Paletă curbă înapoi;	CV PB – Control variabil al paletelor curbate înapoi;
PI – Paletă curbă înainte;	SR – Sibar de reglaj ;
TV – Turtă variabilă;	IV – Inclinare variabilă a paletelor de pe aspirație;

De exemplu, dacă s-a determinat un coeficient $C_{cont} = 0,5$ pentru un sistem de tip CAV, se poate presupune ca puterea consumată este echivalentă cu puterea nominală la un raport de 50%, adică în acest caz 30% din puterea maximă cu variația turtă.

In tabelul 2.23 este redat raportul ce trebuie aplicat puterii absorbite la viteza maximă în funcție de valoarea C_{cont} și de tipul de reglare.

Tabelul 2.23 Exemplu de rapoarte de putere absorbita în functie de reglare si de raportul de debite

Raport de debit	0,2	0,4	0,6	0,8
Control clapete reglare la ventilator cu palete înclinate înapoi	55%	75%	90%	100%
Control clapete reglare la ventilator cu palete înclinate înainte	50%	55%	70%	100%
Variatia turatiei	10%	18%	35%	65%

2.7.4.3 Schimbătoare de caldură (recuperatoare)

- Recuperatoare de căldură sensibilă

marimi de intrare :

- $\theta_{ev,1}$; $x_{ev,1}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului evacuat înainte de intrarea în recuperator;
- $\theta_{ref,1}$; $x_{ref,1}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului exterior înainte de intrarea în recuperator;
- $q_{v,ref}$; $q_{v,ev}$ – debitul volumic refulat si evacuat ce trec prin recuperator;
- ε_{rec} – eficienta de transfer termic a recuperatorului pentru un set de debite refulat/evacuat aproximativ egale
- $P_{el,nec}$ – puterea electrica necesara la recuperator (in W)
- $\Delta\theta_{recup}$ - cresterea de temperatura a aerului datorata prezentei ventilatorului în curentul de aer (considerata atat pentru circuitul de refulare cat si pentru cel de evacuare).

Pentru unitatile de recuperare din sectorul rezidential (testate conform EN 13141-7) eficienta globala include cresterea de temperatura la ventilator

Elemente de calcul:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\theta_{recup,ref} = \varepsilon_{recup}(\theta_{ev,1} - \theta_{ref,1}) \\ \theta_{ref,2} = \theta_{ref,1} + \Delta\theta_{recup,ref} \\ \Delta\theta_{recup,ev} = -\Delta\theta_{recup,ref} \\ \theta_{ev,2} = \theta_{ev,1} + \Delta\theta_{recup,ev} \\ x_{ref,2} = x_{ref,1} \\ x_{ev,2} = x_{ev,1} \end{array} \right. \quad (2.97)$$

marimi de iesire :

- $\theta_{ev,2}$; $x_{ev,2}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului evacuat dupa iesirea din recuperator;
- $\theta_{ref,2}$; $x_{ref,2}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului exterior dupa iesirea din recuperator;

2.7.4.4 Recuperatoare de caldură sensibilă și latentă (entalpice)

- Probleme legate de dezgheț

Prevenirea înghețului apei în instalațiile de ventilare/climatizare se poate face în două moduri:

- a) Control direct al dezghețului prin acțiune asupra recuperatorului de caldura (prin montarea unui bypass, a altor baterii auxiliare de încălzire sau a unui schimbator rotativ);
- b) Prin utilizarea unei baterii de pre-încălzire a aerului exterior, înainte de intrarea acestuia în recuperator

În ambele cazuri, valoarea temperaturii la ieșirea din compartimentul de preîncălzire - $\theta_{ref,2}$ este limitată la +5 °C pentru clădirile rezidențiale și la 0 °C pentru cele rezidențiale. Valoarea de referință pentru recuperatoarele cu regenerare higroscopica din clădirile comerciale este de -5 °C.

Valori de referință pentru $\theta_{ref,2}$:

- 5 °C pentru sectorul rezidențial;
- 0 °C pentru schimbatoare cu plăci din sectorul non-rezidențial;
- - 5 °C pentru schimbatoare rotative din sectorul non-rezidențial

a) Control direct al dezghețului

- în acest caz trebuie aplicată o corecție $\Delta(\Delta\theta_{recup,ev})$ asupra temperaturii de ieșire $\theta_{ev,2}$:

$$\Delta(\Delta\theta_{recup,ev}) = \max(0; \theta_{ev,min} - \theta_{ev,2}) \text{ dacă}$$

- dacă debitul refulat și evacuat sunt egale, aceeași corecție trebuie aplicată și lui $\theta_{ref,2}$:

$$\Delta(\Delta\theta_{recup,ref}) = -\Delta(\Delta\theta_{recup,ev})$$

- în cazul lipsei oricărui element pentru dezgheț, este suficient de a seta temperatura $\theta_{ev,2}$ la o valoare foarte scăzută – ex. - 100 °C.

b) baterie de preîncălzire pentru dezgheț

În acest caz aerul exterior este preîncălzit până la o valoare $\theta_{dezghet}$, ce servește la calculul $\theta_{ev,2}$, corespunzătoare ieșirii aerului evacuat din recuperator.

▪ Limitarea temperaturii de refulare la regimul de evoluție liberă ”free-cooling”

Temperatura $\theta_{ref,2}$ poate fi limitată maximal la o valoare $\theta_{ref,2,max}$ pentru a opri încălzirea excesivă a aerului refulat în timpul perioadei de răcire. Valoarea diferenței de temperatură $\Delta\theta_{recup,ref}$ pe

circuitul de refulare înainte și după recuperator trebuie corectată cu valoarea :

$$\Delta(\Delta\theta_{recup,ref}) = \min(0; \max(\theta_{ref,2,max} - \theta_{ref,2}; \theta_{ref,1} - \theta_{ref,2}))$$

Dacă nu se impune o limitare, este suficient să se aplice aceeași formulă de calcul setând $\theta_{ref,2,max}$ la o valoare maximă, de ex. 100 °C. Noua valoare controlată a temperaturii de refulare $\theta_{ref,2,c}$ se va scrie în această ioteză:

$$\theta_{ref,2,c} = \theta_{ref,2} + \Delta(\Delta\theta_{recup,ref})$$

2.7.4.5 Camere de amestec

În aceste aparate componente ale CTA, aerul recirculat din încăperile climatizate este amestecat cu aerul exterior (proaspăt) în vederea recuperării energiei. Camerele de amestec sunt echipate cu clapete de reglare a debitului atât pe partea aerului exterior, cât și pe cea a aerului recirculat.

Marimi de intrare:

- $\theta_{ev,1}$; $x_{ev,1}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului evacuat din încăperea (zona) climatizată **înainte de intrarea** în camera de amestec;
- $\theta_{ref,1}$; $x_{ref,1}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului exterior **înainte de intrarea** în camera de amestec;
- q_{rec} (echivalent ca notatie cu $q_{ev,1}$) – debitul masic de aer recirculat prin camera de amestec;
- q_{ext} (echivalent ca notatie cu $q_{ref,1}$)- debitul masic de aer exterior (proaspat) prin camera de amestec, **în funcție de condițiile de diluare a nocivităților din aerul interior respirabil (condiții igienico-sanitare);**

Calculul raportului de recirculare al camerei de amestec:

- $R_{rec} = \frac{q_{rec}}{q_{ext}}$ (-) reprezintă raportul de recirculare în camera de amestec, scris ca raport dintre debitul masic de aer recirculat q_{rec} si debitul masic de aer exterior, ce pătrund în camera de amestec

Marimi de iesire:

- $\theta_{ref,2}$; $x_{ref,2}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului exterior **la ieșirea** din camera de amestec, calculate pe baza relațiilor de bilanț masic si de umiditate la nivelul camerei de amestec:

$$\begin{cases} \theta_{ref,2} = \theta_{ev,1} + (1 - R_{rec} \theta_{ref,1}) \\ x_{ref,2} = x_{ev,1} + (1 - R_{rec} x_{ref,1}) \end{cases} \quad (2.98)$$

- $q_{ref,2} = q_{ext}(1 + R_{rec})$ – debitul de refulare **la ieșirea** din camera de amestec;
- $q_{ev,2} = q_{ext}$ – debitul **evacuat în exterior;**

2.7.4.6 Preîncălzirea aerului

In urma preîncălzirii, aerul este încălzit la o temperatura **impusă** θ_{preinc} .

Mărimi de intrare:

θ_1 , x_1 – temperatura si conținutul de umiditate al aerului la intrarea în baterie de preîncălzire (aer exterior sau ieșit din camera de amestec pe circuitul de refulare);

q_{preinc} – debitul masic de aer ce trece prin bateria de preîncălzire (aer exterior sau ieșit din camera de amestec pe circuitul de refulare);

Calculul puterii termice necesare preîncălzirii :

$$P_{preinc} = \max(0; q_{preinc} (\theta_{preinc} - \theta_1)) \text{ (kW)} \quad (2.99)$$

Mărimi de ieșire:

$\theta_2 = \theta_{preinc}$ – temperatura aerului la ieșirea din bateria de preîncălzire

$x_2 = x_1$ – conținutul de umiditate la ieșirea aerului din bateria de preîncălzire, egal cu cel de la intrarea în baterie (nu există schimb de energie latent)

2.7.4.7 Prerăcirea aerului

In general, în situația de vara, aerul exterior este prerăcit până la o temperatură θ_{prerac} **impusă**.

Mărimi de intrare:

θ_1 , x_1 – temperatura si conținutul de umiditate al aerului la intrarea în baterie de prerăcire (aer exterior);

$q_{v,prerac}$ – debitul volumic de aer ce trece prin bateria de prerăcire (aer exterior);

θ_{BR} – temperatura medie a bateriei de răcire, funcție de temperaturile de tur/retur ale apei de răcire (în cazul prezenței unui agregat frigorific de preparare a apei răcite) sau egală cu temperatura de vaporizare a fluidului frigorific (în cazul răcirii prin detentă directă).

Calcul:

- variația temperaturii aerului în timpul procesului de prerăcire $\Delta\theta_{prerac}$:

$$\Delta\theta_{prerac} = \max(0; \theta_1 - \theta_{prerac}) \quad (2.100)$$

- θ_2 – temperatura aerului la ieșirea din bateria de prerăcire:

$$\theta_2 = \theta_1 - \Delta\theta_{prerac} \quad (2.101)$$

- eficiența procesului de prerăcire ε_{prerac} :

$$\varepsilon_{prerac} = \min\left(1; \frac{\theta_{prerac} - \theta_{BR}}{\theta_1 - \theta_{BR}}\right) \quad (2.102)$$

- conținutul de umiditate al aerului la suprafața exterioară a bateriei de răcire x_{BR} :

$$x_{BR} = \text{EXP}(18.8161 - 4110.34/(\theta_{BR} + 235)) \quad (2.103)$$

- variația conținutului de umiditate al aerului în urma prerăcirii Δx_{prerac} :

$$\Delta x_{prerac} = \min(0; (x_{BR} - x_1)(1 - \varepsilon_{prerac})) \quad (2.104)$$

- conținutul de umiditate al aerului la ieșirea din bateria de prerăcire x_2 :

$$x_2 = x_1 - \Delta x_{prerac} \quad (2.100)$$

- puterea necesară pentru a asigura procesul de prerăcire P_{prerac} (kW) :

$$P_{prerac} = q_{v,prerac} [0.83(x_2 - x_1) + 0.34(\theta_2 - \theta_1)] \quad (2.105)$$

Mărimi de ieșire:

θ_2 , x_2 , P_{prerac}

2.7.4.8 Umidificarea izotermă a aerului iarnă

În special în situația de iarnă, atunci când aerul exterior are un conținut de umiditate redus, acesta trebuie umidificat până la o valoare setată impusă x_{umidif} . Acest proces se realizează tehnic prin injectarea de abur saturat în curentul de aer, procesul termodinamic de evoluție a aerului în camera de umidificare fiind cvasi-izoterm.

Mărimi de intrare:

θ_1 , x_1 – temperatura și conținutul de umiditate al aerului la intrarea în camera de umidificare (aer exterior sau nu);

$q_{v,umidif}$ – debitul volumic de aer în procesul de umidificare;

x_{umidif} – valoare setată a conținutului de umiditate al aerului după umidificare.

Calcul:

$\theta_2 = \theta_1$ (temperatura la ieșirea din umidificator este egală cu cea la intrare, în condițiile menționate);

$x_2 = \max(x_1; x_{umidif})$ – conținutul de umiditate al aerului la ieșirea din umidificator;

$$P_{umidif} = 0.83 * q_{v,umidif} * \max(0; (x_{umidif} - x_1)) - \text{puterea termică necesară umidificării} \\ \text{izoterme a debitului de aer volumic } q_{v,umidif} . \quad (2.106)$$

Aceste formule se vor aplica exclusiv în situația de iarnă, la creșterea umidității aerului înainte de a fi refulat în încăperile climatizate, pentru a se evita senzația de uscăciune la interior din cauza unei umidități relative scăzute. În condiții de vară, nu se utilizează umidificarea aerului.

Mărimi de ieșire

θ_2 , x_2 , P_{umidif}

2.7.5. Aplicații

Domeniile principale de aplicare ale metodelor prezentate în acest paragraf sunt următoarele :

- pentru metodele de calcul orare;
- pentru metodele lunare;
- pentru metodele anuale;
- pentru metodele statistice

▪ Metode orare

Dacă aerul nu este introdus prin intermediul unui sistem de ventilație mecanică, caracteristicile termodinamice ale aerului de ventilație corespund celor pentru aerul exterior. În acest caz, se va calcula numai energia necesară pentru antrenarea ventilatorului montat pe circuitul de evacuare al aerului viciat din încăperi (dacă acesta există).

În restul cazurilor (ventilație mecanică controlată pe circuitul de refulare, cu sau fără tratarea termodinamică a aerului), pașii de calcul trebuie să urmeze următoarea ordine cronologică:

1. se definesc la începutul calculului anual, caracteristicile sistemului de ventilație, cu excepția condițiilor privind climatul exterior și interior;
2. se definesc, ca valori orare:
 - caracteristicile aerului exterior (temperatură și conținut de umiditate) θ_{ext} , x_{ext}
 - caracteristicile aerului interior (temperatură și conținut de umiditate) θ_{int} , x_{int} ; pentru a evita probleme de convergență, se recomandă preluarea valorilor calculate pentru ora precedentă
 - valorile de temperatură și/sau conținut de umiditate pre-setate (impuse);
 - debitele de aer din sistem (exterior, recirculat, evacuat, refulat)

În continuare se procedează astfel:

- a) se calculează caracteristicile termodinamice ale aerului după recuperatorul de căldură (dacă el există) atât pe circuitul de refulare, cât și pe cel de evacuare;
- b) se calculează caracteristicile termodinamice și energiile necesare pentru desfășurarea următoarelor procese termodinamice:
 - preîncălzire;
 - prerăcire;
 - umidificare;
 - pierderi de energie prin suprafața exterioară a conductelor de transport ale aerului amplasate la exterior;
 - încălzirea suplimentară a aerului la trecerea prin ventilator(oare)

Această ordine poate să nu fie respectată de funcționarea reală a instalației, însă ea este corectă principal ținând cont de următoarele ipoteze:

- controlul preîncălzirii și prerăcirii este realizat pentru aerul refulat în zona încălzită sau răcită; în acest caz, impactul pierderilor de energie la suprafața conductelor și castigurilor de energie în ventilator sunt astfel compensate;
- temperatura setată pentru prerăcire este mai mică decât cea prevăzută pentru preîncălzire;
- conținutul de umiditate setat pentru umidificare este mai mic decât cel corespunzător temperaturii de saturație izoterme;

▪ Metode anuale și lunare

- Sistem fără impact asupra umidității

Se mențin aceleași ipoteze de calcul ca în cazul metodelor orare, ținând cont de distribuția anuală (lunară) a temperaturii exterioare și aplicând aceeași ipoteză la calculul temperaturilor interioare.

Rezultatele finale vor fi sub forma unor energii anuale (lunare) necesare pentru preîncălzire, prerăcire și auxiliarele acestora.

- Sistem cu impact mediu sau mare asupra umidității

Se mențin aceleași ipoteze de calcul, ținând cont de distribuția anuală (lunară) a temperaturii și umidității exterioare și aplicând aceeași ipoteză la calculul temperaturilor și umidităților interioare.

Rezultatele finale vor fi sub forma unor energii anuale (lunare) necesare pentru preîncălzire, prerăcire, umidificare și auxiliarele acestora.

2.8. Calculul consumului anual de energie pentru sistemele centralizate și descentralizate de climatizare și aer condiționat.

2.8.1. Domeniu de aplicare: clădiri climatizate, cu controlul umidității, echipate cu unul din următoarele tipuri de sisteme de climatizare:

- sisteme de climatizare de tip „numai aer”,
- sisteme de climatizare de tip „aer-apă” cu aparate terminale – ventiloconvectoare

Calculul se aplică la clădiri rezidențiale sau ne-rezidențiale sau părți ale acestora, care vor fi denumite generic ”clădire”.

Metoda de calcul poate fi dezvoltată pentru estimarea consumurilor energetice și în cazul altor tipuri de sisteme de climatizare.

2.8.2. Obiectiv: calculul energiei necesare climatizării clădirilor pentru asigurarea unei temperaturi și a unei umidități interioare prescrise precum și energia consumată de sistemul de climatizare în acest scop.

2.8.3. Conținut general

Metoda de calcul pentru necesarul de energie pentru răcire și dezumidificare este de tip „grade-zile”.

Sunt luați în calcul factori specifici, corespunzători domeniului de aplicare și anume:

- consumurile de energie datorate sarcinilor de căldură latentă
- existența unor sarcini importante datorate debitelor mari de aer proaspăt
- utilizarea în cadrul sistemelor de climatizare a recuperatoarelor de căldură (sensibilă sau sensibilă și latentă)
- inerția termică a elementelor de construcție
- varietatea mare de tipuri de instalații de climatizare și a surselor de frig utilizate (sisteme centralizate „numai aer”, sisteme cu aparate terminale de tip „aer-apă”, chillere cu compresie mecanică, chillere cu absorbție, chillere reversibile – pompe de căldură, etc.)

Metoda de calcul a consumului de energie este lunară.

Pentru a se putea evalua consumul total de energie corespunzător tuturor echipamentelor din cadrul unui sistem de climatizare, se introduce de asemenea o metodologie de calcul pentru energia necesară proceselor de umidificare și vehiculare aer.

2.8.3.1. Principalele date de intrare necesare pentru efectuarea calculelor

Datele necesare de calcul sunt:

- caracteristicile elementelor de anvelopă pentru încăperea climatizată;
- scenariul de ocupare al încăperii climatizate;
- sursele interne de căldură și umiditate;
- climatul exterior;
- date privind sistemul de climatizare:
 - debitul de aer; debitul de aer proaspăt,
 - valorile prescrise pentru parametrii de confort (temperatura, umiditate),
 - temperatura și umiditatea aerului refulat în încăperea,
 - coeficientul de performanță al instalației frigorifice,
 - pierderea de sarcină din sistem,
 - randamentul ventilatorului,
 - modul de funcționare al ventilatorului (1 treaptă de turație, 2 trepte de turație, variație continuă turație),
 - eficacitatea recuperatorului de căldură (dacă există).

2.8.3.2. Principalele date de ieșire (rezultate) sunt:

- necesarul de energie lunar și anual pentru climatizarea clădirilor (răcire, încălzire, umidificare, vehiculare aer)

2.8.4. Necesarul de energie pentru climatizare

2.8.4.1. Necesarul de energie pentru răcire și dezumidificare

Calculul de tip grade-zile se efectuează pe baza relației:

$$NGZ = \frac{N \times (\theta_{aem} - \theta_b)}{1 - e^{-K \times (\theta_{aem} - \theta_b)}} (\text{grade} - \text{zile}) \quad (2.107)$$

unde:

N – număr de zile (pentru luna de calcul considerată) (zile)

θ_{aem} – temperatura medie lunară a aerului exterior (pentru luna de calcul considerată) (°C)

θ_b – temperatura de bază calculată conform metodologiei de mai jos, în funcție de tipul sistemului de climatizare (°C)

K – constantă, valoare utilizată de regulă: 0,71

Calculul consumului de energie pentru răcire și dezumidificare se efectuează pe baza numărului de grade-zile și a valorii coeficientului de performanță al chiller-ului, astfel:

$$Q_{chiller} = \frac{Q_r}{COP} \quad (\text{kWh}) \quad (2.108)$$

$$Q_r = 24 \cdot m \cdot c_p \cdot NGZ \quad (\text{kWh}) \quad (2.109)$$

unde:

$Q_{chiller}$ – necesarul de energie la sursa de frig a sistemului de climatizare (kWh)

Q_r – necesarul de energie pentru răcire și dezumidificare (kWh)

COP – coeficient de performanță al chiller-ului

m – debitul masic de aer vehiculat în sistemul de climatizare (kg/s)

c_p – căldura specifică a aerului (kJ/kg°C)

Temperatura de bază se calculează în funcție de tipul sistemului de climatizare după cum urmează:

a) sisteme de climatizare „numai aer”:

Temperatura de bază utilizată în metoda de calcul grade-zile depinde de:

- temperatura de confort a aerului interior (valoarea setată) din încăperea climatizată,
- sarcina de răcire sensibilă datorată aerului proaspăt
- încălzirea aerului în ventilatorul de introducere (termenul al doilea din ecuația de mai jos),
- degajările de căldură sensibilă de la surse interioare din încăperea climatizată și aporturile de căldură datorate radiației solare (termenul al treilea din ecuația de mai jos)
- aporturile de căldură prin transmisie pentru încăperea climatizată (termenul al patrulea din ecuația de mai jos)
- degajările de căldură latentă de la surse interioare din încăperea climatizată și sarcina de răcire latentă datorată aerului proaspăt (ultimul termen din ecuația de mai jos)

$$\theta_b = \theta_{ai} - \frac{\dot{v}\Delta P}{\dot{m}c_p\eta_v} - \frac{Q_{sm}}{\dot{m}c_p} - \frac{U'}{\dot{m}c_p}(\theta_{aezi} - \theta_{ai}) - 2400\Delta x \quad (^\circ\text{C}) \quad (2.110)$$

unde:

θ_{ai} – temperatura prescrisă a aerului interior din încăperea climatizată ($^\circ\text{C}$)

$\dot{v}$ – debitul volumic de aer vehiculat în sistemul de climatizare (m^3/s)

ΔP – presiunea introdusă în sistem de ventilator (Pa)

η_v – randamentul ventilatorului

Q_{sm} – degajări de căldură sensibilă de la surse interioare: ocupanți, iluminat, echipamente - și aporturi de căldură de la radiația solară – (kW); pe baza valorilor calculate se determină valoarea medie lunară (pentru luna de calcul considerată) (kW)

$U' = AU$ (kW/K), A – suprafața elementului de construcție prin care au loc aporturi de căldură prin transmisie (m^2); U – coeficient global de transfer termic al elementului de construcție prin care au loc aporturi de căldură prin transmisie ($\text{kW}/\text{m}^2\text{^\circ C}$)

θ_{aezi} – temperatura medie a aerului exterior pe perioada de ocupare a încăperii climatizate (pentru luna de calcul considerată) ($^\circ\text{C}$)

$\Delta x = x_e - x_s$, diferența medie lunară de conținut de umiditate (pentru luna de calcul considerată), (kg/kg), x_e – conținutul de umiditate al aerului exterior (kg/kg) și x_s - conținutul de umiditate la ieșirea din bateria de răcire (kg/kg); diferența medie de conținut de umiditate se determină utilizând relația:

$$\overline{(x_e - x_s)} = \frac{\bar{x}_e - x_s}{1 - e^{-k(\bar{x}_e - x_s)}} \quad (\text{kg}/\text{kg}) \quad (2.111)$$

cu $\bar{x}_e$ - conținutul de umiditate mediu lunar al aerului exterior (pentru luna de calcul considerată) (kg/kg) și k – parametru calculat pe baza expresiei:

$$k = \frac{2,5}{\sigma_x} \quad (2.112)$$

σ_x – deviația standard pentru conținutul de umiditate lunar al aerului exterior; valoarea depinde de amplasarea geografică a clădirii climatizate

Obs.

1) Pentru luarea în considerare a inerției termice, expresia de calcul a temperaturii de bază se modifică astfel:

$$\theta_b = \theta_{ai} - \frac{\dot{v}\Delta P}{\dot{m}c_p\eta_v} - \frac{Q_{sm}}{\dot{m}c_p} - \frac{U'}{\dot{m}c_p}(\theta_{aezi} - \theta_{ai}) - 2400\Delta x + \frac{Q_c}{\dot{m}c_p} \quad (^\circ\text{C}) \quad (2.113)$$

unde:

$$Q_c = \frac{C \Delta \theta_i}{24 \times 3600} \quad (\text{kW})$$

Q_c – rata medie zilnică de stocare termică a elementelor de construcție (kW)

$C = \rho c_{pm} V$ (kJ/°C), capacitatea termică a elementelor de construcție ale încăperii climatizate

ρ – densitatea materialelor elementelor de construcție (kg/m³)

c_{pm} – căldura specifică a materialelor elementelor de construcție (kJ/kg°C)

V – volumul elementelor de construcție (m³)

$$\Delta \theta_i = e^{-\frac{t}{\tau}} (\theta_{ai} - \theta_{aen}) \quad (^\circ\text{C}) \quad (2.114)$$

$\Delta \theta_i$ – rata de răcire a elementelor de construcție (diferența de temperatură între temperatura elementelor de construcție și temperatura aerului interior) (°C)

t – perioada de neocupare a încăperii climatizate (h)

τ – constanta de timp a elementelor de construcție (h)

θ_{aen} – temperatura medie a aerului exterior noaptea (pentru luna de calcul considerată) (°C)

2) în cazul în care există în cadrul sistemului de climatizare recuperatoare de căldură (numai sensibilă sau sensibilă și latentă) calculul numărului de grade-zile se realizează pe baza relației:

$$NGZ = N \left(\frac{(\theta_{aem} - \theta_b)}{1 - e^{-k \times (\theta_{aem} - \theta_b)}} - \frac{\varepsilon (\theta_{aem} - \theta_{ai})}{1 - e^{-k \times (\theta_{aem} - \theta_{ai})}} \right) (\text{grade} - \text{zile})^* \quad (2.115)$$

unde:

ε – eficacitatea recuperatorului de căldură; în absența unei valori, se poate determina conform relației:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\dot{m}_{AP}}{\dot{m}_{AP} + \dot{m}_R}$$

$\dot{m}_{AP}$ – debitul de aer proaspăt (kg/s; m³/s)

$\dot{m}_R$ – debitul de aer recirculat (kg/s; m³/s)

* Notațiile din această ecuație sunt identice cu cele utilizate anterior, cu mențiunea că în expresia temperaturii de bază se modifică calculul diferenței medii de conținut de umiditate după cum urmează:

$$(\overline{x_e - x_s}) = \frac{\overline{x_e} - x_s}{1 - e^{-k(\overline{x_e} - x_s)}} - \frac{\varepsilon (\overline{x_e} - x_r)}{1 - e^{-k(\overline{x_e} - x_r)}} \quad (\text{kg/kg}) \quad (2.116)$$

unde:

x_r – conținutul de umiditate din aerul recirculat (considerat egal cu conținutul de umiditate din încăperea climatizată) (kg/kg)

b) sisteme de climatizare de tip „aer-apă” cu aparate terminale – ventiloconvectoare

Există două situații de calcul, în funcție de configurația sistemului de climatizare:

- cazul în care ventiloconvectoarele din încăperi preiau sarcinile latente; în această situație metoda de calcul este similară metodologiei descrisă mai sus pentru determinarea temperaturii de

bază, considerând toate ventiloconvectoarele prin intermediul unui ventiloconvector echivalent și utilizând sarcini medii la nivelul întregii clădiri

- cazul în care ventiloconvectoarele asigură doar partea sensibilă, bateria de răcire a centralei de tratare pentru aerul proaspăt asigurând sarcina latentă; în această situație expresia de calcul a temperaturii de bază pentru calculul numărului de grade-zile se scrie:

$$\theta_b = \left[\theta_s + \frac{\dot{m}_R}{\dot{m}} (\theta_{ae} - \theta_r) - \frac{\dot{m}_{AP}}{\dot{m}} 2400 \Delta x \right] \quad (^\circ\text{C}) \quad (2.117)$$

unde:

θ_s – temperatura aerului la ieșirea din bateria de răcire a ventiloconvectorului ($^\circ\text{C}$)

θ_r – temperatura aerului din încăperea climatizată ($^\circ\text{C}$)

2.8.4.2. Necesarul de energie pentru umidificarea aerului

Consumul energetic se determină în funcție de următorii parametri:

- valoarea minimă a umidității aerului din încăpere
- sursele de umiditate din încăpere
- umiditatea aerului exterior
- debitul de aer proaspăt al încăperii

În cadrul metodologiei de calcul se consideră valori medii zilnice pentru aceste mărimi. Metoda de calcul ține seama și de eventuala prezență a unui recuperator de căldură latentă în cadrul sistemului de climatizare.

Umiditatea transferată aerului din instalația de climatizare prin intermediul echipamentelor specifice se calculează conform relației:

$$x_z = x_{i,\min} - \left(\frac{x_g}{m'_e} \right) \quad (\text{g/m}^3) \quad (2.118)$$

unde:

x_z – umiditatea adăugată aerului tratat de sistemul de climatizare, g/m^3

$x_{i,\min}$ – valoarea minimă a umidității din aerul interior, g/m^3

x_g – degajările medii de umiditate de la surse interne, g/h,m^2 (valori recomandate conform

Anexa II.2.I)

m'_e – debitul de aer proaspăt raportat la unitatea de suprafață, $\text{m}^3/\text{h,m}^2$

Cantitatea totală anuală de apă utilizată pentru umidificare se determină pe baza debitului de aer tratat și a diferenței zilnice între valoarea conținutului de umiditate al aerului refulat în încăpere și valoarea conținutului de umiditate al aerului exterior:

$$W = 24h \sum (m'_e (x_z - x_e)) = 24h \sum \left[(m'_e (x_{i,\min} - x_e)) - x_g \right] \quad (\text{g/an}) \quad (2.119)$$

Obs.

Relația de mai sus este utilizată numai pentru momentele de timp pentru care este satisfăcută inegalitatea:

$$(x_z - x_e) = x_{i,\min} - x_e - \frac{x_g}{m'_e} > 0 \quad (2.120)$$

Dacă sistemul de climatizare este prevăzut cu un recuperator de căldură latentă, umidificarea aerului exterior pe baza schimbului de masă din recuperator se determină astfel:

$$\Delta x = \eta_{\text{recuperator}} (x_{i,\min} - x_e) \quad (2.121)$$

unde:

$\eta_{recuperator}$ – eficiența schimbului de căldură latent la nivelul recuperatorului

În acest caz, cantitatea de apă necesară pentru umidificare este:

$$W = 24h \sum [(m'_e (x_{i,min} - x_e)(1 - \eta_{recuperator})) - x_g] \quad (\text{g/an}) \quad (2.122)$$

Obs.

Calculul pe baza relației anterioare se efectuează pentru momentele de timp pentru care:

$$(x_{i,min} - x_e)(1 - \eta_{recuperator}) - \frac{x_g}{m'_e} > 0 \quad (2.123)$$

Energia consumată pentru umidificare se determină pe baza consumului de apă necesar pentru umidificare estimat cu relațiile de mai sus, în funcție de configurația sistemului de climatizare:

$$Q_h = C_h W \quad (\text{Wh/an}) \quad (2.124)$$

unde:

C_h – coeficient de consum specific de energie electrică pentru umidificare, în funcție de tipul procesului de umidificare folosit (umidificare cu abur sau umidificare cu apă) (Wh/g). Valorile recomandate sunt date în Anexa II.2.J.

2.8.4.3. Necesarul de energie pentru vehicularea aerului

Consumul de energie pentru vehicularea aerului se bazează pe calculul consumului specific de energie electrică. Consumul specific de energie electrică se determină pentru fiecare încăpere sau grup de încăperi cu aceeași destinație. Consumul specific de energie electrică pentru clădirea climatizată sau o parte din aceasta rezultă prin medierea consumului specific pentru fiecare încăpere sau grup de încăperi prin intermediul suprafeței pardoselii. Consumul total de energie electrică pentru vehicularea aerului dintr-un sistem de climatizare se obține prin înmulțirea consumului specific cu suprafața totală a spațiilor climatizate din clădire:

$$Q_{vt} = Q_v S$$

Relația de calcul pentru consumul specific de energie electrică al motoarelor ventilatoarelor din cadrul sistemelor de climatizare este:

$$Q_v = P_v \cdot N_h / 1000 \quad (\text{kWh/m}^2, \text{an}) \quad (2.125)$$

unde:

Q_v – consum specific de energie electrică al ventilatorului (kWh/m²,an)

$$P_v = \frac{(\Delta p \cdot V')}{(\eta_v 3600)} \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.126)$$

P_v – putere electrică specifică pentru antrenarea ventilatorului (W/m²)

Δp – pierderea de presiune din sistem (Pa) – valoarea luată în calcul este valoarea medie între două schimburi ale filtrului de praf

V' – debit volumic specific de aer (raportat la suprafața încăperii, m³/m²,h)

η_v – eficiența ventilării (pentru întregul sistem de climatizare)

N_h – număr de ore de funcționare la sarcină nominală (h/an) – valoarea se consideră conform datelor de funcționare ale sistemului de climatizare; valorile indicate sunt date în Anexa II.2.K.

Observații :

1) Dacă nu sunt date disponibile privind pierderea de presiune și eficiența ventilării, puterea electrică specifică se determină conform relației:

$$P_v = P_{sp} V' \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.127)$$

unde:

$$P_{sp} = \frac{\Delta p}{\eta} \quad (\text{W/m}^3/\text{h}) \quad (2.128)$$

P_{sp} – putere specifică ventilator ($\text{W/m}^3/\text{h}$)

η - randament ventilator

Valorile indicate pentru puterea specifică a ventilatorului (pentru întregul sistem de climatizare) sunt date în Anexa II.2.L în funcție de tipul instalației (destinația încăperii) și eficiența energetică a instalațiilor.

2) Numărul de ore de funcționare la sarcină nominală este echivalat cu o valoare energetică echivalentă astfel încât pentru numărul de ore de funcționare la sarcină parțială trebuie să se țină cont de raportul dintre puterea electrică specifică la sarcină redusă și cea la sarcină nominală pentru a obține o mărime echivalentă. Dacă nu sunt disponibile date privind funcționarea în sarcină redusă și eficiența energetică pentru aceasta, se recomandă utilizarea valorilor din Anexa II.2.K.

ANEXA II.2.A – Date climatice

Date generale – timpul total de simulare pe parcursul anului

Luna	Nr. De zile	Nr. De ore	Timp total	Luna	Nr. De zile	Nr. De ore	Timp total
Ianuarie	31	744		Iulie	31	744	
Februarie	28	672		August	31	744	
Martie	31	744		Septembrie	30	720	
Aprilie	30	720		Octombrie	31	744	
Mai	31	744		Noiembrie	30	720	
Iunie	30	720		Decembrie	31	744	

Date climatice

În ceea ce privește datele climatice, indispensabile simulării regimului termic al clădirilor și a consumurilor de energie pentru încălzire/răcire, sunt necesare următoarele măriri climatice orare :

- temperatura exterioară orară, [°C];
- radiația totală orară pe un plan orizontal, [W/m²];
- indicatori pentru conversia radiației totale în radiație incidentă pe suprafețe verticale, cum ar fi, de exemplu : radiația directă orară perpendiculară pe direcția razei solare și gradul de acoperire cu nori a cerului (grad de nebulozitate)
- viteza și direcția locală a vântului, [m/s];
- albedoul (raportul dintre radiația solară reflectată și radiația incidentă) solului;
- umiditatea relativă a aerului exterior, [%].

Datele climatice orare pentru un an reprezentativ trebuie selectate din baze de date recente, prelucrate corespunzător cerințelor de calcul.

ANEXA II.2.B

Calcul multizonă utilizând cuplajul termic între zone adiacente

B.1 Generalități

Un calcul multizonă al cuplajului termic dintre zonele unei clădiri trebuie utilizat cu precauție și pentru situații bine cunoscute, în contextul unei proceduri simplificate de evaluare a consumurilor de energie.

NOTA: Un calcul multizonă al cuplajului termic inter-zone necesită:

- a) date de intrare precum: proprietăți de transfer termic prin transmisie, debite de aer inter-zone (cu valoare și sens)
- b) cunoașterea sistemului de reglare a temperaturilor din zone și regulile de partitionare internă a zonelor, cu restricții speciale de temperatură (ex. Restaurante, spitale etc.)

O complicație în plus o reprezintă prezența unor sisteme diferite de încălzire, răcire și ventilație pentru zone diferite, conducând la o complexitate a calculului ce depășește granița impusă pentru calculul global simplificat al consumurilor de energie.

B.2 Metoda lunară

În cazul calculului multizonă cu cuplaj termic între zone, procedura de calcul lunara este descrisa în cele ce urmeaza.

În primul rand , trebuie colectate datele referitoare la transferurile inter-zone, conform celor descrise în B.2.

Ulterior, trebuie adaugate la transferul de caldura prin transmisie și ventilare caracteristice zonei z luate separat, termeni ce reprezintă transferurile de caldura prin transmisie și ventilare dinspre zonele adiacente zonei z catre zona z :

$$Q_{T,z-y} = H_{T,z-y} (\theta_z - \theta_{y,med}) \Gamma$$

$$Q_{V,z-y} = H_{V,z-y} (\theta_z - \theta_{y,med}) \Gamma$$

în care :

$\theta_{y,med}$ reprezintă temperatura medie din zona y adiacenta zonei z incluzand orice supraîncălzire (în modul de imcalzire) sau suprarăcire (în modul de răcire) față de valoarea prestabilită de set-point. Aceasta temperatura se determina conform urmatoarelor doua relatii :

- pentru modul de încălzire :

$$\theta_{y,med} = \frac{Q_{ap,inc} + Q_{nec,inc} + \sum_k H_{y,inc,k} \theta_{a,k}}{\sum_k H_{y,inc,k}}$$

- pentru modul de răcire :

$$\theta_{y,med} = \frac{Q_{ap,rac} + Q_{nec,rac} + \sum_k H_{y,rac,k} \theta_{a,k}}{\sum_k H_{y,rac,k}},$$

în care :

Q_{inc}	necesarul de energie pentru încălzire pentru zona y , determinat conform 7.2.1.1, în MJ ;
$H_{y,inc,k}$	coeficientul de transfer global (transmisie+ventilație) pentru elementul k catre zona y determinat conform 7.2.2, în MJ/K ;
$Q_{ap,inc}$	suma totala a surselor de caldura interioare în modul încălzire pentru zona y , conform 7.2.1.2, în MJ ;
Q_{rac}	necesarul de energie pentru răcire pentru zona y , determinat conform 7.2.1.1, în MJ ;
$\theta_{a,k}$	pentru un element k ce transfera caldura prin transmisie este egala cu $\theta_{e,k}$, temperatura pe suprafața exterioară a elementului k ; pentru un element k ce transfera caldura prin ventilație este egala cu $\theta_{a,ref,k}$, temperatura de refulare a aerului în zona z prin elementul k

Calculul necesarului de energie pentru încălzire și răcire trebuie realizat iterativ (doua sau trei iteratii sunt în general suficiente) :

- 1) se face ipoteza inițiala ca temperatura medie a zonei la pasul de timp curent este egala cu temperatura de set-point pentru încălzire sau răcire în zona respectiva (sau cu temperatura echivalenta interioară, daca avem un sistem de încălzire sau răcire intermitenta) ;
- 2) calculul energiei necesare pentru încălzire sau răcire pentru fiecare zona în parte, ținând cont de contributia transferurilor de caldura prin transmisie și ventilație dintre zone, asa cum s-a specificat ;

- 3) pe baza acestor rezultate, se calculeaza pentru fiecare zona temperatura medie interioară, conform relatiilor deja prezentate ;
- 4) daca temperatura medie calculata difera cu mai mult de o eroare relativa acceptabila fața de temperatura impusa la pasul 1), se seteaza aceasta noua temperatura ca data de intrare și se reia calculul de la pasul 2), pana cand eroarea relativa devine cea minim acceptata

B.3 Date de intrare pentru toate metodele de calcul

Aceste date de intrare au fost deja detaliate în cadrul normativului, de aceea aici vor fi doar re-enumerate :

$H_{T,z-y}$ coeficient de transfer de caldura prin transmisie între zonele z și y, în W/K ;

$H_{V,z-y}$ coeficient de transfer de caldura prin ventilație între zona z și zona y, în W/K ;

$H_{V,y-z}$ coeficient de transfer de caldura prin ventilație între zona y și zona z, în W/K ;

NOTA : $H_{V,z-y}$ și $H_{V,y-z}$ pot fi diferite daca debitele de aer ce traverseaza interfața de aer dintre zona y și zona z în cele doua sensuri sunt diferite. Acesti doi coeficienți se pot determina cu relatiile :

$$H_{V,z-y} = \rho_{aer} c_{aer} q_{v,z-y} ,$$

respectiv :

$$H_{V,y-z} = \rho_{aer} c_{aer} q_{v,y-z}$$

în care $q_{v,z-y}$ și $q_{v,y-z}$ (în m³/s) sunt debitele de aer ce trec din zona z catre zona y, respectiv din zona y catre zona z.

Tipul de clădire din punct de vedere a functionarii sistemului de răcire		$\alpha_{0,rac}$	$\tau_{0,rac}$ (ore)
I	Clădiri racite continuu (mai mult de 12 ore pe zi), precum clădiri rezidentiale, hoteluri, spitale, locuinte și penitenciare - metoda lunara	1,0	15
II	Clădiri racite numai pe parcursul zilei (mai puțin de 12 ore pe zi), precum scoli, birouri, sali de spectacole sau magazine	1,0	15
Valorile lui $\alpha_{0,rac}$ și $\tau_{0,rac}$ pot fi furnizate și la nivel national.			

ANEXA II.2.C

Date pentru calculul aporturilor solare

C.1 Energia solara totala transmisa printr-o suprafata vitrata

Energia solara transmisa catre încăperea climatizata printr-o suprafata vitrata transparenta depinde esential de tipul de geam utilizat (calitate, grosime, emisivitate, tratamente termice), de tipul de protectie solara (jaluzele, rulouri, obloane), daca aceasta exista (vezi G.2), și de umbrirea suprafetei vitrate datorata prezentei unor obstacole exterioare în calea radiației solare incidente (alte clădiri

invecinate sau elemente de arhitectura exterioare ale clădirii) – vezi G.3. Rata de transmitere (sau transmitanța) energiei solare prin elementele vitrate, definită în EN 410, se calculează cu EN 13363-2, ținând cont de radiația solară incidentă normală (perpendiculară) pe suprafața exterioară elementului respectiv, în (W/m^2) și de radiația patrunsa în încăperea climatizată print transmisie, I_t (W/m^2). Aceasta transmitanță "normală" se notează cu τ_n și câteva valori ale sale sunt redată în tabelul G.1, pentru elemente vitrate uzuale, presupunând ca au suprafața curată și geamuri normale netratate.

Pentru metodele de calcul lunare, se utilizează un factor F_v (**definit în 11.4.1**), definit ca raportul dintre transmitanța totală τ la un unghi de incidență oarecare, și transmitanța normală τ_n la un unghi de incidență egal cu 90° :

$$F_v = \frac{\tau}{\tau_n}$$

Acest factor depinde de tipul de geam, de latitudine și de orientarea elementului vitrat.

Tipul ferestrei	τ_n
Fereastră simplă	0,85
Fereastră termoizolantă dublă	0,75
Fereastră termoizolantă dublă cu o tratare selectivă a geamului	0,67
Fereastră termoizolantă triplă	0,7
Fereastră termoizolantă triplă cu două tratări selective	0,5
Fereastră dublă obișnuită (două ferestre)	0,75

Tabelul C.1 : Valori ale transmitanței normale τ_n pentru tipuri uzuale de elemente vitrate

O altă metodă de calcul a energiei solare transmise utilizează raportarea la energia transmisă printr-o fereastră de referință simplă sau dublă, de la caz la caz; în acest mod, energia solară transmisă printr-o fereastră oarecare, $Q_{s,t}$ (în MJ) se va scrie:

$$Q_{s,t} = Q_{s,t,ref} \frac{\tau}{\tau_{ref}}$$

în care :

$Q_{s,t,ref}$ energia solară transmisă prin fereastră de referință (simplă sau dublă, după caz), în MJ;

τ transmitanța totală a ferestrei oarecare (-);

τ_{ref} transmitanța totală a ferestrei de referință (-);

C.2 Efectul elementelor de umbră permanente

Aceste elemente de umbră (ecranare) a ferestrelor, care pot fi de tipul: perdele, jaluzele, storuri, obloane, reprezintă accesorii optionale, manevrabile de ocupanții clădirii, pentru reducerea sau dimpotriva intensificarea aporturilor solare către interior, în funcție de sezon. Ele pot fi plasate la fața interioară sau exterioară a ferestrelor sau între foile de geam (la ferestre duble).

Aceste elemente introduc o reducere a energiei solare transmise către interior, cu un factor de umbră g_u ce depinde de tipul de element utilizat, de culoarea și proprietățile optice ale acestuia, precum și de poziționarea sa în cadrul ferestrei (la interior, exterior sau între geamuri). În tabelul G.2 sunt date câteva valori ale acestui coeficient g_u pentru tipuri uzuale de elemente de umbră permanente (de ex. Jaluzele).

Tip jaluzea	Proprietăți optice :		Factor g_u pentru:	
	Absorbție	Transmisie	Jaluzele interioare	Jaluzele exterioare
Jaluzele venetiene de culoare alba	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Jaluzele obisnuite albe	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Jaluzele textile colorate	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Jaluzele de aluminiu	0,2	0,05	0,20	0,08

Tabel C.2 : Factor de reducere a energiei solare transmise la interior datorat prezentei unor elemente de umbrire permanente (g_u)

Alte elemente de umbrire cu utilizare intermitentă, precum și protecțiile solare reglabile, sunt luate în calcul în cadrul factorului de utilizare pentru modul de răcire.

C.3 Factori de umbrire datorati unor obstacole exterioare

C.3.1 Principiu de calcul

Prezența unor clădiri învecinate sau a unor elemente de arhitectura anexe ce depășesc planul ferestrei la exterior (cornise, balcoane, stalpi exteriori) conduce la apariția unei suprafețe umbrite în planul ferestrei, ce împiedică patrunderea prin fereastra a radiației solare directe la nivelul acestei suprafețe, permitând totuși trecerea radiației difuze prin întreaga suprafața vitrată. În vederea evaluării acestui tip de umbrire, se introduce un factor de umbrire adimensional datorat obstacolelor exterioare clădirii $F_{u,oe}$, exprimat prin relația :

$$F_{u,oe} = F_{u,oe-orizont} F_{u,oe-v} F_{u,oe-l} ,$$

în care :

$F_{u,oe-orizont}$	factor de umbrire datorat obstacolelor exterioare clădirii aflate la orizont (copaci, forme de relief sau alte clădiri);
F_{oe-v}	factor de umbrire datorat obstacolelor exterioare apropiate în plan vertical, de tip: retragerea ferestrei în plan vertical față de planul fațadei, balcoane, caschete etc.
F_{oe-l}	factor de umbrire datorat obstacolelor exterioare apropiate în plan lateral, de tip: retragerea ferestrei în plan lateral față de planul fațadei, stalpi exteriori etc.

C.3.2 Umbrirea datorata obstacolelor exterioare aflate la orizont

Efectul de umbrire datorat obstacolelor exterioare clădirii aflate la orizont depinde de unghiul la orizont, latitudine, climatul local și sezonul de încălzire. În tabelul C.3 sunt redate valorile factorului de umbrire datorat obstacolelor exterioare de la orizont, $F_{u,oe-orizont}$, pentru trei latitudini diferite și patru orientări verticale diferite ale ferestrei. Unghiul la orizont este un unghi mediu față de orizontala sub care "se vede" obstacolul exterior din planul fațadei clădirii studiate (vezi figura C.1).

Unghi la orizont	45° N latitudine			55° N latitudine			65° N latitudine		
	S	E/V	N	S	E/V	N	S	E/V	N

0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,95	1,00	0,94	0,92	0,99	0,86	0,89	0,97
20°	0,85	0,82	0,98	0,68	0,75	0,95	0,58	0,68	0,93
30°	0,62	0,70	0,94	0,49	0,62	0,92	0,41	0,54	0,89
40°	0,46	0,61	0,90	0,40	0,56	0,89	0,29	0,49	0,85

Tabelul C.3: Valori ale factorului de umbrire partiala datorat obstacolelor exterioare aflate la orizont

Figura C.1 : Unghiul la orizont α

C.3.3 Factorul de umbrire datorat elementelor exterioare ale clădirii

Unghi la orizont	45° N latitudine			55° N latitudine			65° N latitudine		
	S	E/V	N	S	E/V	N	S	E/V	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,89	0,91	0,93	0,91	0,91	0,95	0,92	0,90
45°	0,74	0,76	0,80	0,80	0,79	0,80	0,85	0,81	0,80
60°	0,50	0,58	0,66	0,60	0,61	0,65	0,66	0,65	0,66

Tabelul C.4: Valori ale factorului de umbrire partiala datorat obstacolelor exterioare verticale, $F_{u,oe-v}$

Unghi la orizont	45° N latitudine			55° N latitudine			65° N latitudine		
	S	E/V	N	S	E/V	N	S	E/V	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,94	0,92	1,00	0,94	0,91	0,99	0,94	0,90	0,98
45°	0,84	0,84	1,00	0,86	0,83	0,99	0,85	0,82	0,98
60°	0,72	0,75	1,00	0,74	0,75	0,99	0,73	0,73	0,98

Tabelul C.5: Valori ale factorului de umbrire partiala datorat obstacolelor exterioare laterale, $F_{u,oe-l}$

ANEXA II.2.D

Date de intrare conventionale

D.1 Introducere

Aceasta anexa contine datele de intrare conventionale pentru anumiți parametri din cadrul normativului, în lipsa unor valori reglementate la nivel național.

D.2 Surse de căldura interioare de la ocupanți și aparatura de birou

Scenariile zilnice și săptămânale privind degajările de căldura provenite de la ocupanți datorită activității metabolice, precum și degajările provenite de la aparatura electrică de birou, trebuie în general definite la scara națională, în funcție de utilizarea clădirii, gradul de ocupare și scopul calculului.

În absența unor valori naționale, trebuie utilizate datele din prezenta anexă, ce sunt detaliate pentru clădiri rezidențiale, birouri, precum și pentru o gamă mai largă de utilizări a clădirilor. În tabelele J1, J2, J3 și J4 sunt date valori ale acestor degajări, în W pentru un m² de pardoseală ocupată.

Clădiri rezidențiale			
Zile	Ore	Camera de zi+bucătărie	Alte încăperi climatizate (ex. Dormitoare)
Luni - Vineri	07.00 – 17.00	8,0	1,0
	17.00 – 23.00	20,0	1,0
	23.00 – 07.00	2,0	6,0
	Medie	9,0	2,67
Sambata-Duminica	07.00 – 17.00	8,0	2,0
	17.00 – 23.00	20,0	4,0
	23.00 – 07.00	2,0	6,0
	Medie	9,0	3,83
Medie		9,0	3,0

Tabelul D.1 : Densitatea fluxului de căldura degajat de ocupanti și aparatura electronica (în W/m^2)-valori conventionale pentru clădiri rezidențiale

Birouri			
Zile	Ore	Spații de birou (60% suprafață utilizata)	Alte spații, holuri, coridoare (40% suprafață utilizata)
Luni - Vineri	07.00 – 17.00	20,0	8,0
	17.00 – 23.00	2,0	1,0
	23.00 – 07.00	2,0	1,0
	Medie	9,5	3,92
Sambata-Duminica	07.00 – 17.00	2,0	1,0
	17.00 – 23.00	2,0	1,0
	23.00 – 07.00	2,0	1,0
	Medie	2,0	1,0
Medie		7,4	3,1

Tabelul D.2 : Densitatea fluxului de căldura degajat de ocupanti și aparatura electronica (în W/m^2)-valori conventionale pentru birouri

Gradul de ocupare	m^2 de suprafață utila per persoana	Coeficient de simultaneitate	Φ_{oc} / A_{pard} W/m^2
I	1,0	0,15	15
II	2,5	0,25	10
III	5,5	0,27	5
IV	14	0,42	3
V	20	0,40	2
In care : Φ_{oc} este fluxul de căldura degajat de la ocupanti, [W]; A_{pard} este aria suprafetei utile, definită în 6.3.2, [m^2];			

Tabelul D.3 : Densitatea fluxului de căldura degajat de ocupanti (în W/m^2)-valori conventionale globale pentru sectorul non-rezidențial, în funcție de gradul de ocupare

Tip de utilizare a clădirii	Flux de căldură unitar emis de aparatura electronica pe timpul de operare W/m^2	Fractia de timp f_{app}	Fluxul unitar emis pe m^2 Φ_{app} / A_{pard} W/m^2
Birou	15	0,20	3
Unitate de invatamant	5	0,15	1
Unitate medicala clinica	8	0,50	4
Unitate medicala non-clinica	15	0,20	3
Catering	10	0,25	3
Magazin	10	0,25	3
Sala de sedinte	5	0,20	1
Sala de relaxare	4	0,50	2
Celula și penitenciar	4	0,50	2
Sala se sport	4	0,25	1
In care : Φ_{app} este fluxul de căldura degajat de la ocupanti, [W]; A_{pard} este aria suprafetei utile, definită în 6.3.2, [m^2];			

Tabelul D.4 : Densitatea fluxului de căldura degajat de aparatura electronica (în W/m^2)-valori conventionale globale pentru sectorul non-rezidential, în funcție de gradul de ocupare

D.3 Factori de reducere a radiației solare datorati protețiilor solare variabile

Perioada de timp în care protectia solara de tip: jaluzele, rului etc. este utilizată sau nu depinde în general de luna de calcul. Pentru fiecare tip de climat se pot utiliza valori conventionale (implicite) ale factorului pentru protectii solare variabile în timp, F_{psv} , pentru diferite orientări și înclinari ale ferestrei față de planul orizontal. Tabelul J.4 cuprinde aceste valori medii pentru toate lunile anului (exemplu preluat din Danemarca).

Factor de umbrire F_{psv}												
	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
90° N	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,96	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
90° NE/NV	1,00	1,00	0,94	0,66	0,51	0,53	0,57	0,69	0,84	1,00	1,00	1,00
90° E/V	0,41	0,48	0,36	0,34	0,29	0,32	0,34	0,29	0,36	0,36	0,42	0,53
90° SE/SV	0,22	0,37	0,25	0,32	0,26	0,32	0,32	0,24	0,31	0,28	0,26	0,34
90° S	0,20	0,36	0,26	0,32	0,29	0,32	0,33	0,23	0,30	0,24	0,23	0,31
45° N	1,00	1,00	0,99	0,98	0,63	0,39	0,58	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00
45° NE/NV	1,00	1,00	0,87	0,47	0,31	0,28	0,32	0,40	0,71	1,00	1,00	1,00
45° E/V	0,82	0,65	0,41	0,31	0,22	0,21	0,24	0,25	0,37	0,48	0,74	0,96
45° SE/SV	0,33	0,43	0,29	0,24	0,18	0,17	0,19	0,16	0,29	0,29	0,32	0,47
45° S	0,26	0,39	0,25	0,23	0,18	0,16	0,17	0,14	0,26	0,25	0,28	0,37
ORIZ.	1,00	0,78	0,44	0,27	0,19	0,16	0,18	0,19	0,38	0,58	0,93	1,00

Tabelul D.4 : Valori ale factorului de umbrire F_{psv} datorat protețiilor solare variabile

ANEXA II.2 E

Ipoteze și valori necesare proiectării instalațiilor de ventilare și climatizare

E 1. Cele mai importante ipoteze de proiectare cu referire la calitatea aerului interior sunt informațiile cu privire la ocuparea umană, faptul că fumatul este permis sau nu, și emisiile din partea surselor altele decât metabolism și fumat. De asemenea trebuie să se țină seama de faptul că perceperea calității aerului interior se face într-o manieră negativă pe măsura creșterii temperaturii și umidității.

Valori tipice pentru ocuparea umană sunt indicate în tabelul E.1. Valorile de proiectare se bazează oriunde este posibil pe date reale specifice proiectului. Oricum, în cazul în care nu este declarată nici o valoare, se aplică valorile prin lipsă indicate în tabelul E.1. Dacă nu se specifică nici o informație cu privire la fumat, se presupune că fumatul este interzis pentru toate destinațiile indicate în tabelul E.1. În cazul în care fumatul este permis, se recomandă cu tărie defalcarea clară între zonele de fumători și cele de nefumători.

Destinație	Aria pardoselii pentru o persoană, în m ² / persoana *)	
	Domeniu tipic	Valoare prin lipsă
Birou	de la 7 până la 20	12
Birou mic	de la 8 până la 12	10
Sala de sedinte	de la 2 până la 5	3
Magazin	de la 3 până la 8	4
Sala de clasa	de la 2 până la 5	2,5
Salon de spital	de la 5 până la 15	10
Camera de hotel	de la 5 până la 20	10
Restaurant	de la 1,2 până la 5	1,5

*) Aria utilă a pardoselii pe încăpere.

Tabelul E.1 : Ipoteze de proiectare a debitelor de aer în funcție de densitatea de ocupare a încăperii

Emisiile din partea altor surse decât metabolism și fumat trebuie să fie specificate cât se poate de clar. Dacă nu se specifică nimic, trebuie clarificat cu beneficiarul faptul că nu trebuie să fie luate în considerare emisii suplimentare.

E 2 Debite de introducere a aerului

E 2.1 Generalități

Debitul de ventilare (debitul de aer exterior și introdus) se determină utilizând următoarele criterii:

- ocupare umană cu sau fără fumat
- alte emisii cunoscute
- degajările pentru încălzire sau răcire sunt disipate prin ventilare.

În vederea prevenirii pierderilor necontrolate de aer introdus, conductele și canalele trebuie să fie etanșe.

E 2.2 Ocupare umană

Debitul de ventilare pentru ocupare umană se determină utilizând informațiile din 5.2.5 sau utilizând valori specifice pentru debitul de aer pe baza reglementărilor sau de experienței.

E 2.3 Alte emisii cunoscute

Debitul de ventilare necesar pentru debitul emisiilor și pentru nivelul admisibil al concentrației în încăpere conduce la diluarea emisiilor cunoscute după cum urmează:

$$q_{v,ref} = \frac{q_{m,E}}{C_{int} - C_{ref}},$$

în care :

$q_{v,ref}$	debitul volumic de aer refulat, în m^3 / s ;
$q_{m,E}$:	debitul masic al emisiilor în încăpere, în mg / s ;
C_{int} :	concentrația maximă admisibilă din încăpere, în mg / m^3 ;
C_{ref} :	concentrația din aerul refulat, în mg / m^3 ;

În cazul poluanților diferiți este necesară verificarea tuturor poluanților relevanți în vederea determinării celui mai critic dintre aceștia. De regulă, se preferă reglarea sursei în loc de ventilare.

Relația indicată mai sus, este valabilă pentru regim staționar (situație prin lipsă) cu emisie constantă pe o durată lungă de timp. Atunci când durată emisiei este scurtă, concentrația de echilibru în regim staționar nu poate fi atinsă sau debitul de aer poate fi redus pentru un nivel maxim de concentrație precizat. Dependența de timp a nivelului concentrației în încăpere se determină cu relația următoare (debit de aer introdus = debit de aer extras):

$$C_{int}(t) - C_{ref} = C_{int}(0) + \frac{q_{m,E}}{q_{v,ref}} \left(1 - e^{-\frac{q_{v,ref}}{V_{inc}} t} \right),$$

în care :

$C_{int}(t)$	concentrația în încăpere la momentul t , în mg / m^3 ;
C_{ref} :	concentrația din aerul refulat, în mg / m^3 ;
$C_{int}(0)$	concentrația în încăpere la momentul $t=0$, în mg / m^3 ;
$q_{v,ref}$	debitul volumic de aer refulat, în m^3 / s ;
$q_{m,E}$:	debitul masic al emisiilor în încăpere, în mg / s ;
V_{inc} :	volumul încăperii, în m^3 ;
t :	timpul, în s ;

E 2.4 Sarcină de încălzire și de răcire

În anumite cazuri degajările de căldură pentru încălzire sau răcire care trebuie să fie disipate prin instalația de ventilare conduc la determinarea debitului de ventilare. Dacă din acest motiv debitul de ventilare devine mult mai mare decât cel precizat în 6.4.2.2, atunci poate fi mai eficientă din punct de vedere energetic o soluție alternativă de disipare a căldurii.

Debitul de ventilare necesar pentru încălzire sau răcire se determină după cum urmează:

$$q_{v,ref} = \frac{\Phi}{\rho_{aer} * c_{p,aer} * (\theta_{int} - \theta_{ref})},$$

în care :

$q_{v,ref}$	debitul volumic de aer refulat, în m^3 / s ;
Φ	sarcina termică a încăperii, în kW ;
ρ_{aer}	densitatea aerului din încăpere, în kg / m^3 ;
$c_{p,aer}$	căldura specifică a aerului, $\approx 1 \text{ KJ} / \text{kg K}$;
θ_{int}	temperatura interioară din încăpere, în $^{\circ}C$;
θ_{ref}	temperatura de refulare, în $^{\circ}C$;

Densitatea și capacitatea termică a aerului depind de temperatura și presiunea acestuia. Calculul se efectuează cu valorile aplicabile pentru situația reală.

E 3 Debite de evacuare a aerului

Într-o instalație de ventilare mecanică la echilibru cu aer introdus și extras, debitul de aer extras este determinat de debitul de aer introdus și de condițiile de presiune necesare.

Pentru instalațiile cu extracție a aerului, debitele de aer extras se calculează în conformitate cu principiile precizate în paragrafele de la 6.4.2.2 până la 6.4.2.4. Valori tipice de proiectare pentru bucătării și toalete/grupuri sanitare sunt indicate în tabelul E.2. Aerul extras poate fi înlocuit cu aerul exterior sau cu aer din alte încăperi. Pentru aplicații specializate (de exemplu anumite clădiri industriale și spitalicești), debitele de aer extras trebuie să fie calculate conform unor cerințe specifice, ținând seama de asemenea de influența posibilă asupra mediului exterior. Aceasta este în afara domeniului de aplicare al acestui document.

Tabelul E.2 : Valori de proiectare pentru debitele de aer aspirat din încăperi poluate

Destinație	UM	Domeniu tipic	Valori prin lipsă
Bucatarie :			
- Utilizare obisnuita (de ex. bucatarie pentru prepararea meselor calde) ;	m ³ / h	> 72	108
	l / s	> 20	30
- Utilizare profesionala	*	*	*
Toaleta/grup sanitar **			
- pe încăpere (minim)	m ³ / h	> 24	36
	l / s	> 6,7	10
- pe arie de pardoseala	m ³ / (h*m ²)	> 5,0	7,2
	l / (s*m ²)	> 1,4	2,0

* Debitele de aer extras pentru bucătării se dimensionează în conformitate cu situația specifică.

** În utilizare cel puțin 50% din timp. Pentru durate de funcționare mai mici sunt necesare debite mai mari. Valori mai mici sunt posibile pentru aer extras direct din cabina de WC (valoare tipică: de la 10 până la 20 m³.h⁻¹ pentru o cabină de WC)

E 4. Umiditatea aerului interior

În domeniul tipic al temperaturilor aerului dintr-o încăpere între 20°C și 26°C evaporarea joacă un rol minor în reglarea temperaturii corpului omenesc. Prin urmare în mod normal apar puține probleme cu referire la confortul termic atunci când umiditatea relativă este între 30% și 70%.

Limita inferioară de 30% este precizată pentru a preveni uscarea ochilor și iritarea mucoaselor. Totuși, în climate severe se permite convenirea unei umidități mai scăzută p o durată limitată, între beneficiar și proiectant, ținând seama de normele locale și de preferințe. Reclamarea aerului prea uscat este adesea cauzată de praf sau de alți poluanți din aer. Umiditatea relativă este adesea prea scăzută datorită temperaturii din încăpere și/sau debitului de aer exterior prea mari. Toate aceste cauze trebuie să fie luate în considerare înainte de prevederea umidificării.

Datorită faptului că umiditatea relativă ridicată stimulează dezvoltarea fungilor și a acarienilor, precum și degradarea materialelor de construcție, perioade prea lungi cu umiditate relativă prea ridicată trebuie să fie evitate. Concentrații prea ridicate în particule din aceste organisme pot constitui de asemenea un risc pentru persoanele sensibile și trebuie să fie evitate. În lipsa unor informații alternative, proiectarea se bazează pe ipoteza că există alte surse de umiditate decât ocuparea umană și aerul introdus și infiltrat.

ANEXA II. 2 F

Date privind coeficienții de presiune dinamica C_p datorati vântului

Descrierea procedurii

În cadrul acestui calcul, trebuie urmați următorii pași :

- calculul vitezei vântului la o înălțime de 10 m deasupra solului, pentru siteul respectiv;
- determinarea existenței și caracteristicilor de adapostire a fatadelor de către elemente de construcție sau obstacole exterioare (de tipul : adapostire mica, medie sau mare);
- găsirea valorilor C_p pentru aceste trei tipuri de adapostire, și
- determinarea valorilor C_p pe ansamblul întregii zone.

Viteza de referință a vântului pe site v_{site}

Trebuie introdusă o corecție pentru viteza vântului din site v_{site} în raport cu cea măsurată v_{meteo} , în funcție de diferențele dintre rugozitatea terenului corespunzător siteului investigat și rugozitatea siteului meteorologic unde se face măsurătoarea v_{meteo} . Pentru aceasta se consideră trei tipuri de terenuri:

- teren deschis, neadapostit;
- teren amplasat în mediu rural sau suburban;
- teren amplasat în mediu urban.

Legea logaritmică de variație a vitezei vântului cu înălțimea este dată de relația de similitudine:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)},$$

în care:

- v_1 : viteza vântului la înălțimea h_1 , în m/s;
 v_2 : viteza vântului la înălțimea h_2 , în m/s;
 h_1 : înălțimea h_1 , în m;
 h_2 : înălțimea h_2 , în m;
 z_0 : rugozitatea terenului, în m;

Această lege este valabilă strict de la o înălțime de 60-100 metri deasupra solului, însă ea poate fi aplicată și pentru viteze ale vântului > 2 m/s și pentru înălțimi $h > 20 z_0$; de exemplu, pentru un teren situat la altitudinea de 80 metri, în tabelul A1 sunt dați factorii de corecție în funcție de rugozitatea terenului la o înălțime de 10 m deasupra solului.

Clasa terenului	Rugozitatea terenului z_0 pe site (m)	v_{site} / v_{meteo}
Teren deschis	0,03	1,0
Teren în mediu rural sau suburban	0,25	0,9
Teren în mediu urban	0,5	0,8

Tabelul F.1: Factor de corecție pentru v_{site}/v_{meteo} la 10 m înălțime

Clase de adapostire

Pe înălțime, fațadele clădirilor sunt divizate în trei părți, în funcție de adapostire:

- 1) partea joasă (inferioară), între 0 și 15 m înălțime;
- 2) partea medie, între 15 și 50 m înălțime;
- 3) partea înaltă (superioară), la mai mult de 50 m înălțime.

La randul ei, fiecare parte de fatada, mai putin cea inalta, poate fi adapostita de un obstacol, daca sunt indeplinite conditiile:

- daca $H_{\text{obstacol}} > 0,5 \cdot \min(H_{\text{cladire}}; 15)$, partea inferioara a fatadei este adapostita
- daca $H_{\text{obstacol}} - 15 > 0,5 \cdot \min(H_{\text{cladire}} - 15; 35)$, partea medie a fatadei este adapostita

Pentru o viteza a vântului data, un obstacol este definit ca orice structura sau cladire invecinata pentru care $L_{\text{obstacol}} / L_{\text{cladire}} > 0,5$. Clasa de adapostire depinde de raportul $H_{\text{obstacol}} / D_{\text{obstacol}}$, în care (figura A.1):

H_{obstacol} : înălțimea obstacolului cel mai apropiat (m);

L_{obstacol} : latimea celui mai apropiat obstacol (m);

L_{cladire} : latimea cladiri (m);

D_{obstacol} : distanta dintre cel mai apropiat obstacol si cladire (m);

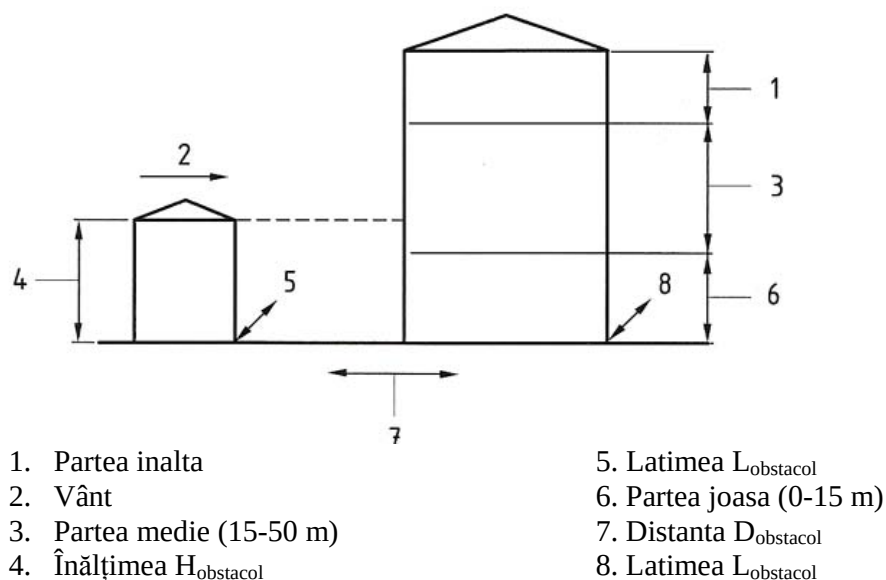


Figura F.1 : Cladirea si obstacolul

Clasa de adapostire a cladirii	Distanta relativa $D_{\text{obstacol}} / H_{\text{obstacol}}$
Neadapostita	> 4
Normala	$1,5 - 4$
Adapostitaa	$< 1,5$

Tabel F.2 : Clase de adapostire funcție de înălțimea obstacolului și de distanța relativă dintre obstacol si clădire

Valori ale coeficienților C_p pentru fașade

În funcție de partea de fațada considerată (dependența de înălțime, așa cum s-a afirmat anterior), valorile coeficientului de presiune dinamica C_p datorată vântului sunt redată în tabelul F.3 :

Partea de fatada	Adapostire	Coeficienți de presiune adimensionali C_p				
		Pentru fatada batuta de vânt C_{p1}	Pentru fatada adapostita C_{p2}	Pentru acoperiș (functie de panta) C_{p3}		
				$< 10^\circ$	$10^\circ - 30^\circ$	$> 30^\circ$
Joasa	Neadapostita	+ 0,50	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20
	Normala	+ 0,25	- 0,50	- 0,60	- 0,50	- 0,20

	Adapostita	+ 0,05	- 0,30	- 0,50	- 0,40	- 0,20
Medie	Neadapostita	+ 0,65	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20
	Normala	+ 0,45	- 0,50	- 0,60	- 0,50	- 0,20
	Adapostita	+ 0,25	- 0,30	- 0,50	- 0,40	- 0,20
Inalta	Neadapostita	+ 0,80	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20

Tabelul F.3 – Coeficienții de presiune dinamica C_p

NOTA : Coeficienții de presiune dinamică datorati vântului sunt valabili pentru o deviere a vitezei vântului de $\pm 60^\circ$ față de normala la planul fațadei.

Valori ale C_p pentru zone

Pentru fiecare zonă, valorile coeficientului C_p sunt luate în considerare ținând cont de înălțimea medie a fatadelor corespunzătoare acelei zone :

- dacă înălțimea medie este mai mica de 15 m, C_p -urile zonei sunt luate egale cu cele corespunzătoare partilor joase ale fatadei;
- dacă înălțimea medie este cuprinsă între 15 și 50 m (inclusiv), C_p -urile zonei sunt luate egale cu cele corespunzătoare partilor medii ale fatadei;
- dacă înălțimea medie este mai mare de 50 m, C_p -urile zonei sunt luate egale cu cele corespunzătoare partilor înalte ale fatadei;

ANEXA II.2.G

Caracteristici de permeabilitate ale clădirii

Caracteristicile de permeabilitate ale unei clădiri depind de numărul și tipul neetanșităților anvelopei exterioare (rosturi de dilatare, fisuri, infiltrații de aer prin tamplăria exterioară), fiind exprimate prin debitul de aer total ce patrunde în clădire la o diferență de presiune exterior-interior dată.

Se pot defini la nivel național sau se pot prelua ca valori implicite din tabelul B.1, următoarele valori:

- numărul de schimburi de aer orare datorat infiltrațiilor n_{infiltr} (în vol/h) sau debitul de aer infiltrat $q_{v,\text{infiltr}}$ raportat la aria laterală a anvelopei clădirii sau la aria pardoselii (în $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$);
- debitul de aer infiltrat $q_{v,\text{infiltr}}$ corespunzător unor diferențe de presiune exterior-interior de 4, 10 sau 50 Pa

		L/s per m ² de anvelopa exterioara (exp. debit = 0,667)			
		Permeabilitate	q _{v,infiltr} pt. 4 Pa	q _{v,infiltr} pt. 10 Pa	q _{v,infiltr} pt. 50 Pa
Cladire unifamiliala	Mica	0,15	0,25	0,8	
	Medie	0,3	0,5	1,6	
	Mare	0,6	1	3,2	
Cladire multifamiliala ne rezidentiala	Mica	0,15	0,25	0,8	
	Medie	0,3	0,5	1,6	
	Mare	0,6	1	3,2	
Cladire industriala	Mica	0,3	2	5	
	Medie	0,6	3,5	10	
	Mare	1,2	7	20	

	Permeabilitate	n _{infiltr} (vol /h) (exp. debit = 0,667)			Suprafata laterala / Volum
		n _{infiltr} pt. 4 Pa	n _{infiltr} pt. 10 Pa	n _{infiltr} pt. 50 Pa	
Cladire unifamiliala	Mica	0,4	0,7	2,2	0,75
	Medie	0,8	1,4	4,3	0,75
	Mare	1,6	2,7	8,6	0,75
Cladire multifamiliala ne rezidentiale	Mica	0,2	0,4	1,2	0,4
	Medie	0,4	0,7	2,3	0,4
	Mare	0,9	1,4	4,6	0,4
Cladire industriala	Mica	2,2	5,4	5	0,3
	Medie	3,8	10,8	10	0,3
	Mare	7,6	21,6	20	0,3

	Permeabilitate	n _{infiltr} (vol /h) (exp. debit = 0,667)			Suprafata pardoselii
		n _{infiltr} pt. 4 Pa	n _{infiltr} pt. 10 Pa	n _{infiltr} pt. 50 Pa	
Cladire unifamiliala	Mica	0,7	1,2	4	1,8
	Medie	1,5	2,4	8	1,8
	Mare	3	5	16	1,8
Cladire multifamiliala ne rezidentiale	Mica	0,2	0,4	1,3	1,1
	Medie	0,5	0,8	2,5	1,1
	Mare	1,0	1,6	5	1,1
Cladire industriala	Mica	0,5	3	8	1,5
	Medie	1,0	6	16	1,5
	Mare	2,0	10	30	1,5

Tabelul G.1 : Valori ale debitului specific infiltrat sau numarului de schimburi de aer infiltrate pentru diverse clase si geometrii de cladiri

ANEXA II.2 H

Calculul coeficientului de recirculare C_{rec}

In cazul utilizarii unor debite de aer variabile în încăperile climatizate si a aerului recirculat în CTA, coeficientul de recirculare C_{rec} (-) tine cont de necesitatea ca în fiecare încăpère sa fie asigurat debitul minim de aer proaspat.

Daca q_{v,nec,i} este debitul minim de aer proaspat necesar pentru încăperea i si q_{v,ref,i} este debitul volumic total refulat în aceeaşi încăpère i, se poate calcula si impune o valoare C_{rec} data prin relatia :

$$C_{rec} = 1 - \max \left(\frac{q_{v,nec,i}}{q_{v,ref,i}} \right)$$

In scopul de a mentine un nivel de poluare echivalent în toate încăperile climatizate de acelasi sistem de ventilare, se poate impune o valoare a C_{rec} data de relatia :

$$C_{rec} = \frac{1}{\frac{\sum_i q_{v,nec,i}}{\sum_i q_{v,ref,i}} + \frac{1}{1 - \max_i \left(\frac{q_{v,nec,i}}{q_{v,ref,i}} \right)}}$$

Această relație se bazează pe respectarea concentrației limite admise de poluant în fiecare încăpere.

Anexa II.2.I. Degajări medii de umiditate de la surse interne, g/h,m²

Clasa de umiditate	Degajarea de umiditate (g/h,m ²)	Destinație încăpere
scăzută	2	locuințe (număr de ocupanți redus, număr de plante redus), birouri, magazine, depozite
medie	4	locuințe (număr de ocupanți mărit, număr mare de plante), școli, baruri
ridicăta	6	restaurante, bucătării, săli de sport, spitale
foarte ridicată	>10	spălătorii, procese cu degajare de umiditate

Anexa II.2.J Coeficient de consum specific de energie electrică pentru umidificare, Wh/g

Proces de umidificare	Consum specific de energie pentru evaporare (Wh/g)	Consum specific de energie pentru tratare apă (Wh/g)		Total (Wh/g)	
		online	offline	online	offline
umidificare cu abur	1,0	0,02	0,03	1,02	1,03
umidificare cu apă	0,0	0,02	0,03	0,02	0,03

Anexa II.2.K Număr de ore de funcționare pe an la sarcină nominală (echivalent energie)

Nr.	Tip instalație (destinație încăpere)	Funcționare instalație	Număr de ore (echivalent energie) (h/an)	Funcționare instalație	Număr de ore (echivalent energie) (h/an)
1	locuințe	1 treaptă turație	8760	1 treaptă turație	8760
2	birouri individuale/col ective	1 treaptă turație	2750	1 treaptă turație	2750
3	birouri tip „open-space”	1 treaptă turație	2750	1 treaptă turație	2750
4	săli de conferințe	1 treaptă turație	1500	2 trepte de turație	730
5	retail	1 treaptă turație	3600	2 trepte de turație	1140
6	retail cu produse refrigerate	1 treaptă turație	3600	2 trepte de turație	1140
7	supermarket	1 treaptă turație	3600	2 trepte de turație	1140
8	sală de curs	1 treaptă turație	2000	2 trepte de turație	1240
9	atelier de practică	1 treaptă turație	1800	1 treaptă turație	1800
10	sală de spectacole	2 trepte de turație	640	variație continuă turație	510
11	cămin	2 trepte de turație	6650	2 trepte de turație	6650

12	cameră hotel	1 treaptă turație	4370	1 treaptă turație	4370
13	cantină	2 trepte de turație	670	variație continuă turație	340
14	restaurant	2 trepte de turație	1250	variație continuă turație	470
15	bucătărie cantină	2 trepte de turație	1090	variație continuă turație	700
16	bucătărie restaurant	2 trepte de turație	1250	variație continuă turație	1020
17	workshop	1 treaptă turație	2250	2 trepte de turație	1890
18	WC	2 trepte de turație	1110	variație continuă turație	610
19	zonă de circulație (hol)	1 treaptă turație	1250	1 treaptă turație	1250
20	depozit (zonă de depozitare)	1 treaptă turație	1460	1 treaptă turație	1460
21	parcare pt. birouri	1 treaptă turație	2250	1 treaptă turație	2250
22	parcare publică	1 treaptă turație	4730	2 trepte de turație	1670
23	cameră server	1 treaptă turație	8760	1 treaptă turație	8760

Anexa II.2.L Valori recomandate pentru puterea specifică a ventilatorului, Psp (W/m³/h)

Nr.	Tip instalație (destinație încăpere)	Psp (W/m³/h)	Eficiență energetică instalație
1	locuințe	0,42	0,17
2	birouri individuale/colective	0,56	0,35
3	birouri tip „open-space”	0,56	0,35
4	săli de conferințe	0,56	0,35
5	retail	0,35	0,22
6	retail cu produse refrigerate	0,35	0,22
7	supermarket	0,90	0,56
8	sală de curs	0,35	0,22
9	atelier de practică	0,35	0,22
10	sală de spectacole	0,35	0,22
11	cămin	0,35	0,22
12	cameră hotel	0,56	0,35
13	cantină	0,35	0,22
14	restaurant	0,35	0,22
15	bucătărie cantină	0,42	0,28
16	bucătărie restaurant	0,42	0,28
17	workshop	0,35	0,22
18	WC	0,14	0,08
19	zonă de circulație (hol)	0,28	0,17
20	depozit (zonă de depozitare)	0,28	0,17
21	parcare pt. birouri	0,14	0,0*
22	parcare publică	0,28	0,0*
23	cameră server	0,14	0,08

* ventilare naturală

Documente recomandate

nr	referinta	denumire
1	SR EN ISO 7730:2001	Ambianțe termice moderate. Determinarea indicilor PMV și PPD și specificarea condițiilor de confort termic
2	SR EN 12237:2004	Ventilarea în clădiri. Rețele de canale. Rezistența și etanșeitatea canalelor circulare de tablă
3	SR EN 12599	Ventilarea în clădiri. Proceduri de încercare și metode de măsurare pentru recepția instalațiilor de ventilare și climatizare a aerului
4	SR EN 13779	Ventilarea clădirilor cu altă destinație decât de locuit. Cerințe de performanță pentru instalațiile de ventilare și de climatizare a încăperilor
5	EN ISO 12237	<i>Ventilation for buildings - Ductwork - Strength and leakage of circular sheet metal ducts</i>
6	EN ISO 12599	<i>Ventilation for buildings - Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems</i>
7	EN ISO 12792	<i>Ventilation for Buildings — Symbols, Terminology and Graphical Symbols</i>
8	EN ISO 13363	<i>Solar protection devices combined with glazing – Calculation of total solar energy transmittance and light transmittance - Part 2: Detailed calculation method</i>
9	EN ISO 13465	<i>Ventilation for buildings – Calculation methods for the determination of air flow rates in dwellings</i>
10	EN ISO 13600	<i>Technical energy systems – Basic concepts</i>
11	EN ISO 13601	<i>Technical energy systems – Structure for analysis – Energy ware supply and demand sectors</i>
12	EN ISO 13779	<i>Ventilation for non residential buildings – Performance requirements for ventilation and room conditioning systems</i>
13	EN ISO 13790	<i>Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for space heating</i>
14	EN ISO 13791	<i>Thermal performance of buildings – Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling - General criteria and validation procedures (ISO 13791:2004)</i>
15	EN ISO 15927	<i>Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data –Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling</i>
16	EN 13779	<i>Ventilation for Non-residential Buildings — Performance Requirements for Ventilation and Room Conditioning Systems</i>

II. 3 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE ȘI AL EFICIENȚEI ENERGETICE A INSTALAȚIILOR DE APĂ CALDĂ DE CONSUM

CUPRINS

3.1	Obiect, domeniul de aplicare, acte normative conexe, terminologii, notații.....	2
3.2	Clasificarea instalațiilor de alimentare cu apă caldă de consum	5
3.3	Energia utilă pentru instalațiile de alimentare cu apă caldă de consum.....	10
3.4	Recuperarea pierderilor de căldură	13
3.5	Energia auxiliară totală necesară pentru instalația de alimentare cu apă caldă de consum ...	13
3.6	Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum (energia utilă netă).....	14
3.7	Pierderile de căldură aferente furnizării la consumator a apei calde de consum	16
3.8	Metoda de calcul a necesarului de energie termică aferent sistemelor de distribuție a apei calde de consum	19
3.9	Pierderile de căldură pe conductele de distribuție a apei calde de consum.....	19
3.10	Pierderile de căldură aferente unei rețele de distribuție a apei calde de consum, în cazul prezenței rețelei de recirculare a apei calde de consum	22
3.11	Pierderile de căldură aferente echipamentelor montate la punctele de consum.....	23
3.12	Pierderile auxiliare de energie aferente sistemelor de distribuție a apei calde de consum	23
3.13	Pierderi auxiliare de energie necesara pentru încălzirea electrică a traseelor	23
3.14	Energia auxiliară necesară funcționării pompelor	24
3.15	Pierderi de căldură recuperabile, recuperate și nerecuperabile	25
3.16	Metoda de calcul a necesarului de energie termică aferent echipamentelor de preparare și acumulare a apei calde de consum	26
3.17	Pierderile de căldură aferente echipamentelor de preparare a apei calde de consum	26
3.18	Pierderile de căldură aferente conductelor de distribuție a agentului termic primar	27
3.19	Pierderile de căldură aferente echipamentelor de preparare a apei calde de consum	29
3.20	Proporțiile de calcul ale căldurii necesare preparării apei calde menajere în sistemele combinat	29
3.21	Pierderile de căldură recuperabile, recuperate și nerecuperabile	30

Anexe

3.1 Obiect, domeniul de aplicare, acte normative conexe, terminologii, notații

3.1.1 Obiectul metodologiei și domeniul de aplicare

Acest standard reprezintă o parte dintr-o suită de standarde care cuprind metode de evaluare a performanței energetice a sistemelor de încălzire și de alimentare cu apă caldă de consum a clădirilor și își propune să precizeze atât metodele pentru determinarea necesarului de apă caldă de consum cât și metodologia generală pentru calculul necesarului de energie și de eficiență a sistemelor. Metodologia tratează, pe de o parte, atât pierderile de energie (căldură) aferente sistemului de distribuție cât și cele corespunzătoare unităților de stocare a apei calde, respectiv energia utilizată de generatoarele pentru producerea apei calde de consum.

Prezentul capitol se referă la calculul necesarului de energie corespunzător instalațiilor de alimentare cu apă caldă de consum din clădiri.

Metodologia prezentată se referă la următoarele aspecte:

- calculul necesarului de energie aferentă consumului de apă caldă, pentru o zonă sau pentru o clădire având o anumită destinație, Q_{ac} ;
- calculul pierderilor de energie pe traseele distribuției și recirculării pentru alimentarea cu apă caldă, $Q_{ac,p,d}$;
- calculul pierderilor de energie corespunzătoare sursei de producere a căldurii; stocării (acumulării) sau furnizării cu intermitență a apei calde de consum, $Q_{ac,p,s}$ și $Q_{ac,p,g}$.

Pentru de a fi în concordanță cu calculul consumurilor de energie din sistemele de încălzire, se vor lua în considerare și pierderile de energie datorate risipei și pierderilor de apă la armăturile de utilizare și control.

3.1.2 Acte normative conexe, terminologii, notații

Referințe la alte acte normative/standarde sunt citate în locul cel mai indicat din text și sunt listate la final. Aceste reglementări se referă la calculul consumurilor de energie termică, și pierderilor de căldură în instalațiile și sistemele de preparare și distribuție apă caldă menajeră. Domeniul de aplicare este constituit de toate activitățile din domeniul construcțiilor prevăzute de legislația în vigoare: Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor.

Reglementari si standarde tehnice recomandate:

- Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies — Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements) – TC 228 WI 00228 031;
- Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies — Part 3.2 Domestic hot water systems, distribution – TC 228 WI 00228 032;
- Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies — Part 3.3 Domestic hot water systems, generation – TC 228 WI 00228 033.
- STAS 1478 – 90 Alimentarea cu apă la clădiri civile și industriale
- DTU 60 – Documents techniques unifiés - Plomberie sanitaire pour bâtiments à usage d'habitation

- RT 2005 – „Réglementation thermique 2005”
- NP 047- Normativ pentru realizarea auditului energetic al clădirilor existente și a instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora
- NP 048 - Normativ pentru expertizarea termică și energetică a clădirilor existente și a instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora
- NP 049 - Normativ pentru elaborarea și acordarea certificatului energetic al clădirilor existente

- Notatii, unități de măsură
Pentru acest standard, se aplică următoarele simboluri, unități de măsură și indici.

Tabelul 3.1 – Simboluri și unități de măsură

Simbol	Denumirea	Unitate de măsură
A	suprafață	m ²
a	necesar specific de apă caldă de consum	
c	căldura specifică masică	J/(kg K)
D	diametrul conductei	mm
s	grosimea peretelui conductei	mm
e	grosimea termoizolației	mm
E	energia primară	J
f	factor de conversie	-
m	masa	kg
$\dot{M}$	debitul masic	Kg/s
t	timpul, perioada de timp	s
T	temperatura absolută (termodinamică)	K
Q	cantitatea de căldură, energie	J
ϕ	puterea termică	W
P	puterea electrică	W
V	volumul	m ³
$\dot{V}$	debitul volumic	m ³ /s
W	energia electrică auxiliară	J
η	eficiența	-
θ	temperatura, în grade celsius	°C
ρ	Densitate (masa volumică)	Kg/m ³
λ	conductivitate termică	W/(m·K)
Λ	conductanță termică	W/(m ² ·K)
h _{ie}	Coeficientul de transfer convectiv	W/(m ² ·K)
K	Coeficient global de transfer de căldură	W/(m ² ·K)

Tabelul 3.2 – Indici utilizați

ac	apă caldă pentru consum menajer
c	consum la punctele de furnizare a apei calde de consum
d	distribuție
s	stocare, acumulare
g	preparare, generare
ar	apă rece pentru consum menajer
p	pierderi
arm	armătură, punct de consum
loc	locuință, apartament
amb	ambiant

3.2 Clasificarea instalațiilor de alimentare cu apă caldă de consum

Instalațiile de alimentare cu apă caldă pot fi clasificate în funcție de următoarele criterii:

- în funcție de numărul de surse de energie utilizate pentru prepararea apei calde de consum și a numărului de zone de distribuție ;
- în funcție de sistemele de încălzire adoptate pentru clădire;
- în funcție de combustibilul utilizat;
- în funcție de regimul de furnizare al apei reci.

3.2.1 Sisteme de preparare a apei calde de consum în funcție de numărul de surse de energie și de zone de distribuție

Instalațiile de alimentare cu apă caldă de consum sunt constituite, în general, dintr-un echipament de preparare a apei calde de consum, eventual un rezervor de acumulare, un sistem de conducte de distribuție (eventual recirculare a apei calde de consum) și din puncte de consum (armături sanitare)(vezi fig. 3.1).

Energia corespunzătoare instalațiilor de alimentare cu apă caldă de consum poate fi apreciată, separat, pentru fiecare din cele patru sisteme constitutive importante ale instalației de alimentare, respectiv:

- sistemul de furnizare a apei calde de consum (respectiv punctele de consum – bateriile amestecătoare etc);
- sistemul de distribuție a apei calde de consum, inclusiv recircularea;
- sistemul de preparare/acumulare a apei calde de consum;
- sistemul de producere a energiei termice necesare preparării apei calde de consum (ex: cazane, panouri solare, pompe de căldură, unități de cogenerare).

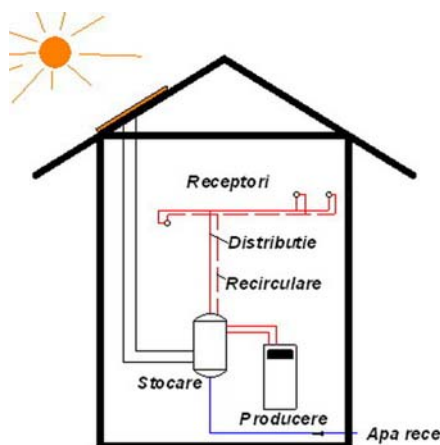


Fig. 3. 1 Clădire cu o singură zonă de consum și o singură instalație de preparare a apei calde de consum

În cazul în care clădirea are mai multe funcțiuni sau instalația de alimentare cu apă caldă de consum deservește mai mulți utilizatori, atunci calculul performanței energetice poate fi aplicat întregii clădiri sau unei părți a clădirii, după caz. În vederea realizării acestor calcule, clădirile sunt

clasificate în funcție de numărul zonelor de consum existente în clădire, precum și în funcție de numărul instalațiilor de alimentare cu apă caldă corespunzătoare acestor zone.

O zonă este definită ca o clădire sau o parte a clădirii cu funcțiune distinctă, pentru care se calculează necesarul de energie utilizată pentru prepararea apei calde de consum.

3.2.1.1 O singură zonă și o singură instalație de alimentare cu apă caldă de consum

Cea mai simplă instalație supusă analizei corespunde cazului unei singure instalații de alimentare cu apă caldă de consum care deservește o singură zonă; de exemplu, o instalație de alimentare cu apă caldă care presupune o preparare centralizată a apei și o distribuție către consumatorii unui singur apartament.

3.2.1.2 O singură zonă și mai multe instalații de alimentare cu apă caldă de consum

Acest caz corespunde unei zone în care necesarul de apă caldă este asigurat de mai multe echipamente de preparare a apei calde de consum. Într-o clădire de locuit, acest caz corespunde unui încălzitor de apă caldă pentru baie și, separat, un alt încălzitor pentru bucătărie (vezi fig. 3.2). În celelalte tipuri de clădiri, zona depinde de modul de organizare funcțională și de echiparea cu instalații.

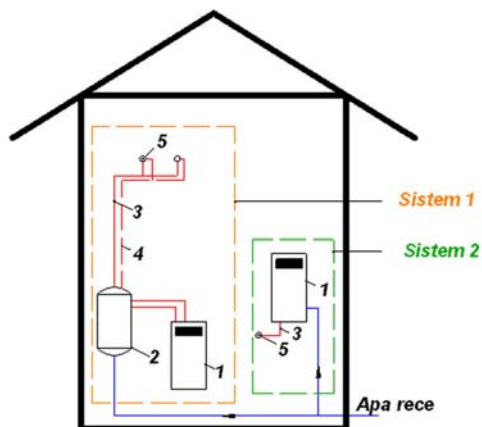


Fig. 3.2 Clădire cu o singură zonă de consum și mai multe instalații ; 1. sursa de energie termică; 2. acumulator de apă caldă de consum; 3. rețea de distribuție; 4. rețea de recirculare a apei calde de consum; 5. echipamente (armături) pentru consumul de apă caldă

Calculul necesarului de energie trebuie efectuat, separat, pentru fiecare instalație de alimentare cu apă caldă de consum. În fiecare caz, volumul de apă caldă necesar consumului este determinat de tipul armăturilor și destinația consumului (e.g. bucătărie sau baie).

Necesarul total de energie corespunzător zonei de consum se obține prin însumarea necesarilor de energie termică corespunzătoare sistemelor componente ale instalațiilor de alimentare cu apă caldă de consum.

3.2.1.3 Mai multe zone și o singură instalație de alimentare cu apă caldă de consum

Această situație corespunde cazului în care clădirea este împărțită în mai multe zone cu funcțiuni distincte/unități funcționale independente și în care există o singură instalație de alimentare cu apă caldă de consum (exemplu : bloc de locuințe având spații cu alte destinații, deservite în sistem local centralizat) – vezi fig. 3.3.

Fiecare unitate funcțională se constituie într-o zonă de consum, iar necesarul total de energie corespunzătoare instalației de alimentare cu apă caldă se calculează prin însumarea necesarului de energie al fiecărei zone.

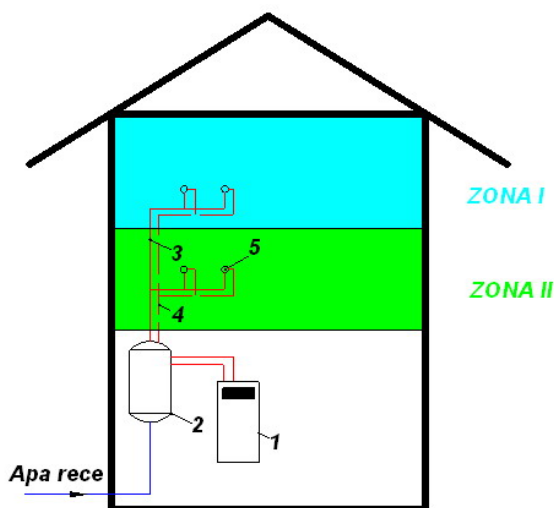


Fig. 3.3 Clădire cu mai multe zone și o singură instalație de alimentare cu apă caldă de consum
1. sursa de energie termică ; 2. acumulator de apă caldă de consum; 3. rețea de distribuție; 4. rețea de recirculare a apei calde de consum; 5. echipament (armături) pentru consumul de apă caldă de consum.

Cazurile enunțate mai sus se pot concretiza în următoarele situații:

1. clădiri (apartamente) cu preparare locală a apei calde de consum, cu/fără contorizare a consumurilor de apă:
 - cu centrale termice individuale;
 - cu încălzitoare locale de apă caldă.
2. clădiri cu preparare centralizată a apei calde de consum:
 - cu contorizarea consumurilor de apă caldă la nivelul centralizat (al punctului termic);
 - cu contorizarea consumurilor de apă caldă la nivelul scării sau al tronsonului de bloc;
 - cu contorizarea consumurilor de apă caldă la nivelul apartamentului (unității funcționale);
 - fără contorizare.

3.2.2 Sisteme centrale de preparare a apei calde de consum în funcție de sistemele de încălzire

3.2.2.1 Sisteme centrale de preparare a apei calde de consum cu ajutorul centralelor termice

În general sistemele centrale de preparare a apei calde de consum sunt caracterizate prin existența sursei centrale de preparare a apei calde și de existența unei rețele de distribuție a apei calde de consum.

Sistemele centrale de preparare a apei calde de consum cu centrale termice, după locul de amplasare a centralei termice, pot fi clasificate în două categorii:

1. Centrale termice pentru ansambluri de clădiri;
2. Centrale termice pentru o singură clădire, cu centrala termică amplasată în clădire sau alipită clădirii.

Diferența dintre cele două tipuri de centrale termice, din punct de vedere al alimentării cu apă caldă de consum, constă în următoarele:

- a. În cazul centralei termice pentru ansambluri de clădiri, există următoarele particularități ale instalației:
 - sunt necesare rețele exterioare de alimentare cu apă caldă, amplasate de obicei în canale de distanță sau direct în pământ;
 - prezența rețelelor exterioare de alimentare cu apă caldă are drept consecință creșterea lungimii conductei de alimentare cu apă caldă;
 - se impune montarea de contoare de apă caldă la fiecare racord de intrare în clădire a rețelei de apă caldă;
 - existența unei centrale termice pentru ansambluri de clădiri conduce la creșterea pierderilor de căldură datorită lungimii mai mari a rețelei de alimentare cu apă caldă cât și a modului de amplasare a conductelor;
 - în cazul centralelor termice pentru ansambluri de clădiri, existența unei rețele exterioare obligă la prevederea unor conducte de recirculare a apei.
- b. În cazul centralelor termice pentru o singură clădire, rețeaua de distribuție a apei calde este de regulă amplasată în subsol sau în canale tehnice, sub pardoseala parterului clădirii.

3.2.2.2 Schemele de preparare a apei calde de consum adoptate în cazul utilizării centralelor termice locale sau centrale

Din punct de vedere al schemei de preparare a apei calde de consum, nu există nici o diferență între schemele de preparare cu centrala termică pentru ansambluri de clădiri și cele cu centrala pentru o singură clădire. Echipamentele pentru prepararea apei calde de consum sunt:

- cu acumulare cu serpentină de tip boilere;
- fără acumulare de tip schimbătoare tubulare, schimbătoare cu plăci;
- cu acumulare fără serpentină (rezervor de acumulare fără serpentină) și schimbătoare de căldură de tip recuperativ (tubulare sau cu plăci).

Utilizarea schimbătoarelor de căldură cu acumulare determină creșterea pierderilor de căldură în perioada în care apa caldă este acumulată.

Cazanele în care se prepară agentul termic nu depind de schema de preparare a apei calde de consum, ci de sistemele de încălzire adoptate.

Cazanele utilizate sunt de tipul:

- nerecuperativ;
- recuperativ în condensatie.

Randamentul termic al cazanelor recuperative este mai mare cu până la 5%, față de celelalte cazane.

3.2.2.3 Sisteme centrale de preparare a apei calde de consum cu centrale termice cu cogenerare

O unitate de cogenerare presupune instalarea acesteia în scopul producerii de energie electrică, termică pentru încălzire, pentru prepararea apei calde și eventual pentru instalații de climatizare. Unitatea poate funcționa independent sau poate fi cuplată cu alte surse de căldură (cazane clasice sau chillere). Spre deosebire de domeniul sistemelor de alimentare centralizată cu căldură, în care energia termică și electrică sunt generate de o sursă și sunt transmise prin intermediul unui sistem de rețele unui număr de clădiri, mai mult sau mai puțin îndepărtate, unitățile de cogenerare integrate clădirii produc căldură numai pentru utilizarea acesteia în interiorul clădirii. Energia electrică produsă poate fi utilizată în interiorul clădirii sau exportată în cazul în care sursa produce în exces acest tip de energie (și depășește necesarul consumatorului).

3.2.2.4 Sisteme centrale/locale de preparare a apei calde de consum utilizând energii neconvenționale

Surse de energie neconvenționale utilizate indirect pentru prepararea apei calde de consum pot fi:

- Solară
- Biomasă
- Geotermală etc.

3.2.3 Combustibilul utilizat pentru cazanele centralelor termice

Combustibilul utilizat pentru cazanele centralelor termice poate fi:

- combustibil gazos (gaze naturale combustibile, gaze petroliere lichefiate);
- combustibil lichid;
- combustibil solid natural, brichetat (lemne, cărbune, etc).

3.2.4 Regimul de alimentare cu apă rece și temperatura apei reci

Regimul de furnizare a apei reci poate fi continuu sau intermitent. În consecință, și regimul de furnizare al apei calde poate fi asigurat cel puțin în aceleași condiții ca și pentru apa rece.

În condițiile furnizării intermitente a apei calde de consum (între anumite ore din timpul zilei), se constată că debitul este practic constant pe duratele perioadelor de consum. Din

măsurătorile experimentale efectuate pe instalații aflate în exploatare, s-a constatat o creștere a debitului de apă caldă consumată în regim de furnizare intermitentă comparativ cu regimul de furnizare continuu.

În ceea ce privește temperatura apei reci, aceasta este cuprinsă între 7 și 15°C .

În calcule, se consideră, în general, o temperatură de calcul a apei reci θ_a , de + 10°C în cazul în care instalația de preparare se dimensionează corespunzător temperaturilor nominale de preparare a apei calde sau fierbinți din sistemul de încălzire centrală (95°C - 75°C sau 150°C - 70°C) și de +12°C în cazul în care se consideră temperaturile apei fierbinți din rețeaua de termoficare de 70°C - 44°C corespunzător punctului de frângere a graficului de reglaj calitativ.

3.2.5 Temperatura de furnizare a apei calde de consum

Temperatura de calcul a apei calde de consum θ_{ac} , depinde de temperaturile agentului termic primar; $\theta_{ac} = 60^\circ\text{C}$ dacă agentul termic primar este apă caldă din sistemul de încălzire centrală sau apă fierbinte din rețeaua de termoficare, $\theta_{ac} = 45^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}$ dacă agentul termic primar este apă încălzită într-un circuit solar etc.; oricare ar fi agentul termic primar, $\theta_{ac\ min} = 35^\circ\text{C} \dots 45^\circ\text{C}$, care este temperatura minimă de utilizare a apei calde de consum în scopuri menajere.

3.3 Energia utilă pentru instalațiile de alimentare cu apă caldă de consum

Energia utilă corespunzătoare instalațiilor de alimentare cu apă caldă de consum reprezintă suma energiilor utile pentru fiecare din cele patru sisteme constitutive importante ale instalației de alimentare, respectiv:

- sistemul de furnizare a apei calde de consum (respectiv punctele de consum – bateriile amestecătoare etc);
- sistemul de distribuție a apei calde de consum, inclusiv recircularea;
- sistemul de preparare/acumulare a apei calde de consum;
- sistemul de producere a energiei termice necesare preparării apei calde de consum (ex: cazane, panouri solare, pompe de căldură, unități de cogenerare).

Energia utilă pentru instalația de alimentare cu apă caldă de consum depinde de:

- volumul de apă caldă solicitat de utilizatori, furnizat la punctele de consum în cantități determinate de tipul armăturilor sanitare sau de numărul utilizatorilor și norma specifică de consum (energia utilă netă).
- volumul pierderilor de apă caldă de consum, care depinde de caracteristicile și starea tehnică a instalației de alimentare cu apă caldă .
- volumul total al pierderilor de energie (energie termică + energie electrică) aferente sistemelor de preparare și distribuție a apei calde de consum.

3.3.1 Elementele componente ale instalației de alimentare cu apă caldă de consum

Orice instalație de alimentare cu apă caldă de consum poate fi descrisă cu ajutorul a patru sisteme componente, definindu-se astfel și modul de utilizare a energiilor. Împărțirea instalației în sisteme componente și utilizarea energiei sunt ilustrate în figura 3.4.

Metodologia și pașii de calcul urmăresc în sens invers direcția de transmitere a energiei în instalația de alimentare cu apă caldă, respectiv direcția de calcul este inversă direcției fluxului de energie. Calculul începe cu evaluarea consumurilor de energie necesară volumului de apă caldă furnizat la consumator (baterii amestecătoare montate la punctele de consum) și se finalizează cu evaluarea energiei consumate pentru fiecare din sistemele componente ale instalației, prin calculul pierderilor de energie corespunzătoare fiecărui sistem.

În final, cantitatea de energie utilă reprezintă consumul total de energie pentru furnizarea necesarului de apă (energia utilă netă) și acoperirea pierderilor și risipei din sistem.

Energia necesară acoperirii pierderilor cuprinde, pe de o parte, pierderile de căldură aferente sistemelor, cât și energiile auxiliare (electrice) necesare alimentării agregatelor de pompare și/sau servomecanismelor, $W_{ac,e}$, care se calculează separat (în cazul în care se apreciază că este necesară estimarea lor).

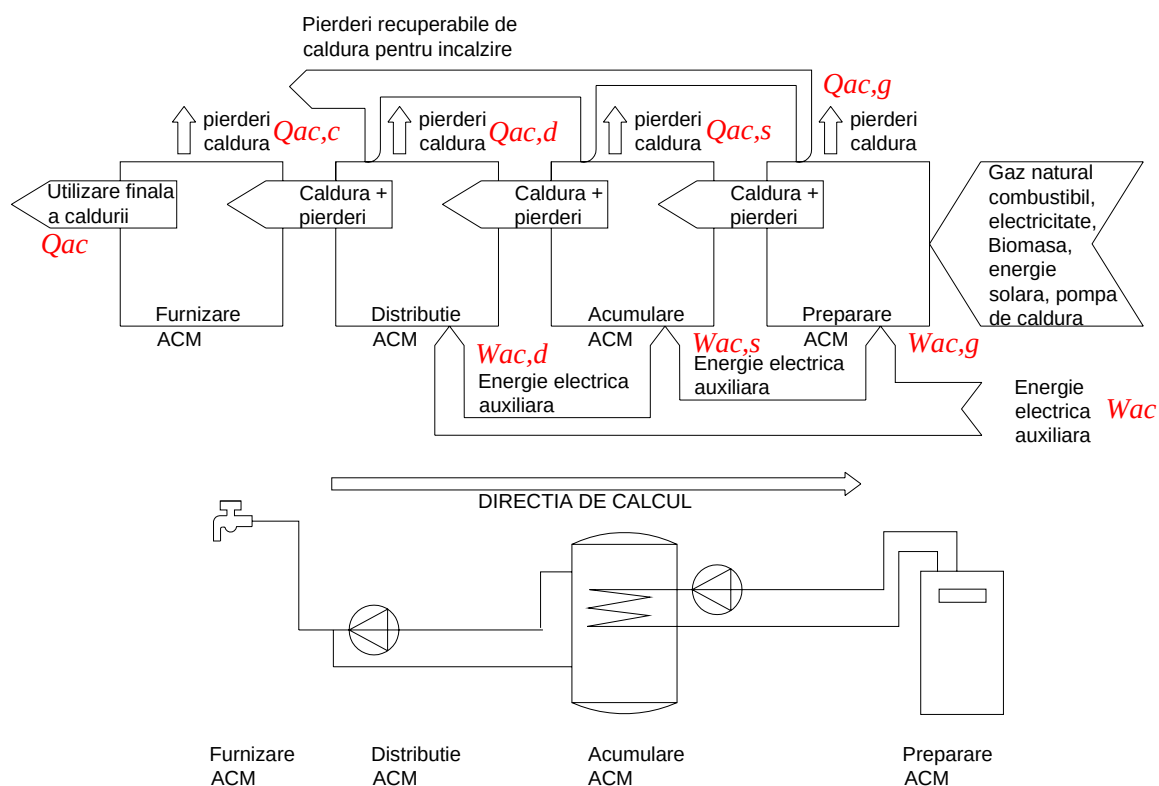


Fig. 3.4 - Forme de energie consumate în instalația de alimentare cu apă caldă de consum, direcția de calcul și împărțirea în sisteme componente a instalației de alimentare cu apă caldă de consum.

Pe perioada sezonului de încălzire, sau în lunile în care necesarul de căldură pentru încălzirea spațiului este semnificativ ca valoare, o parte din pierderile de căldură aferente instalației de alimentare cu apă caldă de consum și o parte din energia auxiliară pentru fiecare din sistemele componente devin energii recuperabile.

Calcululele se consideră definitive, pentru fiecare din sistemele considerate, în momentul obținerii valorii finale de energie utilă în sistem (utilă netă+ pierderi).

3.3.2 Pierderile de căldură aferente instalației de alimentare cu apă caldă de consum

Pierderile totale de căldură corespunzătoare instalației de alimentare cu apă caldă de consum, $Q_{ac,p}$ se exprimă prin suma pierderilor de căldură al fiecărui sistem component, după cum urmează:

$$Q_{ac,p} = Q_{ac,c} + Q_{ac,d} + Q_{ac,s} + \Sigma Q_{ac,g} \quad [J] \quad (3.1)$$

În care:

$Q_{ac,c}$ pierderea de căldură datorată furnizării / utilizării la consumator a apei calde la temperatură diferită de temperatura nominală de calcul [J]

$Q_{ac,d}$ pierderea de căldură pe conductele de distribuție [J]; pierderea de căldură depinde de lungimea rețelei sistemului de distribuție a apei calde de consum, de amplasarea conductelor de distribuție, de izolarea lor termică, de temperatura apei calde și de sistemul de control aferent;

$Q_{ac,s}$ pierderea de căldură corespunzătoare sistemelor de acumulare a apei calde de consum [J];

$Q_{ac,g}$ pierderea de căldură aferentă echipamentului de preparare a apei calde de consum cât și pe circuitul de agent termic primar, atât pe perioada de funcționare a acestuia cât și pe perioada de nefuncționare.

În unele situații, aceste sisteme se combină sau se separă, după cum se poate exemplifica:

- $Q_{ac,c}$ (necesarul de căldură corespunzător furnizării apei calde la punctele de consum) și $Q_{ac,d}$ (pierderile de căldură din rețeaua de distribuție a apei calde de consum) pot fi combinate, din motive practice (de exemplu, în cazul preparării locale a apei calde de consum, în care lungimea conductelor de distribuție a apei calde este nesemnificativă);
- În cazul instalațiilor de alimentare cu apă caldă de consum în care distribuția apei este însoțită de o instalație de recirculare, este importantă considerarea distinctă a zonelor din instalație în care există recircularea apei calde și celor în care recircularea lipsește.

Pentru evaluarea instalațiilor cu sisteme de recirculare, $Q_{ac,d}$ trebuie să fie determinat distinct pe zone din instalație cu și fără recirculare;

- În cazul prezenței sistemelor locale de încălzire și preparare a apei calde de consum (de exemplu centrale murale), este mai greu de realizat o distincție clară între cantitățile de energie necesare producerii $Q_{ac,g}$ și stocării acm $Q_{ac,s}$, astfel că în final, cei doi termeni $Q_{ac,s}$ și $Q_{ac,g}$ trebuie să fie exprimați cumulat.

3.3.3 Perioadele de calcul

În final, se urmărește stabilirea consumului anual de energie pentru instalația de alimentare cu apă caldă de consum.

Acest obiectiv poate fi atins în două moduri, după cum urmează:

- utilizând informații privind perioada de funcționare anuală a instalației, care permit determinarea unor valori medii globale (metodă aplicabilă clădirilor existente pentru care există date privind consumurile facturate de apă caldă de consum etc);
- împărțind anul într-un număr de perioade de calcul (ex: luni, săptămâni), și determinând consumul total prin însumarea energiilor corespunzătoare pentru fiecare perioadă (metodă utilizabilă pentru clădiri noi și pentru cele existente).

3.4 Recuperarea pierderilor de căldură

Când se analizează o clădire sau o parte a clădirii, nu toate pierderile de căldură ale instalației de alimentare cu apă caldă de consum reprezintă pierderi efective; acest fapt se datorează recuperărilor parțiale. De exemplu, pierderile de căldură ale conductelor sunt pierderi efective în cazul în care conductele sunt amplasate în exteriorul clădirii. Dacă conductele sunt amplasate în interiorul spațiilor încălzite, degajarea de căldură de la conducte poate contribui la încălzirea spațiului; în acest caz, pierderile de căldură sunt considerate recuperate, și pot fi luate în considerare pentru reducerea necesarului de căldură pentru încălzire. În mod similar, în cazul în care clădirea studiată are un sistem de răcire, pierderile de căldură ale instalației de alimentare cu apă caldă de consum pot majora sarcina de răcire corespunzătoare.

Dacă este luată în considerare pierderea de căldură recuperată de la sistemul de distribuție a apei calde de consum către zona încălzită a clădirii, atunci se vor considera atât transferul de căldură de la clădire către conductele de alimentare cu apă rece cât și influența asupra temperaturii apei reci. În general, transferul de căldură este neglijabil și se admite să nu se ia în considerare.

De asemenea, o parte din energia auxiliară (electrică) poate fi recuperată și valorificată sub formă de energie termică în apă și luată în considerare direct ca o reducere a pierderilor în cadrul sistemului de distribuție a apei calde de consum. În general, acest termen este neglijabil și se admite să nu se ia în considerare.

3.5 Energia auxiliară totală necesară pentru instalația de alimentare cu apă caldă de consum

Energia auxiliară este energia necesară echipamentelor electrice prezente în instalația de alimentare cu apă caldă, respectiv pompele de distribuție, circulație, vanele și echipamentele de control și automatizare. Necesarul de energie auxiliară se calculează pentru fiecare sistem component al instalației de alimentare cu apă caldă de consum: $W_{ac,x}$. Totalul energiei auxiliare se obține prin însumarea energiei utilizate în fiecare element component a instalației. Energia auxiliară este exprimată în kWh/an sau în kWh/lună. O parte din energia auxiliară poate fi recuperată sub formă de căldură, $Q_{r,x}$.

$$W_{ac,p} = W_{ac,c} + W_{ac,d} + W_{ac,s} + \sum W_{ac,g} \quad [\text{kWh/an}] \quad \text{sau} \quad [\text{kWh/an}] \quad (3.2)$$

În care:

$W_{ac,c}$ energia electrică utilizată în sistemul de furnizare, la punctul de consum, a apei calde la consumator (de exemplu armăturile cu celulă fotoelectrică)

$W_{ac,d}$ energia electrică utilizată în sistemul de distribuție (ex. pompa necesară distribuției și recirculării apei calde de consum);

$W_{ac,s}$ energia electrică utilizată în sistemul de acumulare a apei calde de consum (exemplu sistemul de control și automatizare pentru boilere);

$W_{ac,g}$ energia electrică utilizată în sistemul de preparare a apei calde de consum, care poate fi tratată separat sau poate fi considerată împreună cu energia auxiliară necesară instalațiilor de încălzire a clădirii, dacă același echipament satisface ambele cerințe (încălzire și preparare a apei calde de consum).

3.6 Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum (energia utilă netă)

În acest capitol se descriu metode de calcul a energiei termice necesare pentru livrarea apei calde la consumatori.

3.6.1 Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum, pe baza volumului de apă furnizat la consumator

Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum corespunde energiei necesare încălzirii apei calde cerută de consumator, la temperatura dorită.

În cazul în care există un sistem de contorizare al volumului de apă caldă consumată, atunci necesarul de apă caldă poate fi determinat direct, prin aplicarea formulei 3.3.

În cazul lipsei unui sistem de contorizare, necesarul de apă caldă de consum poate fi determinat în funcție de numărul și de tipul consumatorilor. Energia totală pentru încălzirea necesarului de apă caldă de consum se determină prin însumarea cerințelor individuale.

Formula generală de determinare a necesarului de căldură pentru prepararea apei calde de consum, Q_{ac} , este dată de relația:

$$Q_{ac} = \sum_{i=1}^n \rho * c * V_{ac} * (\theta_{ac} - \theta_{ar}) \quad (3.3)$$

în care:

- ρ densitatea apei calde de consum [kg/m^3] (tabel 3.3);
- c căldura specifică a apei calde de consum [$\text{J}/\text{kg K}$] (tabel 3.3);
- V_{ac} volumul necesar de apă caldă de consum pe perioada considerată [m^3];
- θ_{ac} temperatura de preparare a apei calde [$^{\circ}\text{C}$];
- θ_{ar} temperatura apei reci care intră în sistemul de preparare a apei calde de consum [$^{\circ}\text{C}$];
- i 1, n reprezintă indice de calcul pentru categoriile de consumatori.

Tabel 3.3 - densitatea și căldura specifică a apei calde în funcție de temperatură

θ [$^{\circ}\text{C}$]	5 $^{\circ}\text{C}$	10 $^{\circ}\text{C}$	15 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$	50 $^{\circ}\text{C}$	55 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$
ρ [kg/m^3]	999,9	999,7	999,1	992,2	988,0	985,6	983,2
c [$\text{J}/(\text{kg K})$]	4,200	4,188	4,184	4,182	4,182	4,182	4,183

Relația de calcul (3.3) poate fi aplicată diferitelor perioade de timp reprezentative pentru consum. De exemplu, acolo unde volumul de apă V_{ac} reprezintă volumul anual de apă, atunci necesarul de căldură pentru prepararea apei calde are valoarea anuală.

3.6.2 Temperatura de utilizare a apei calde

Temperatura de preparare a apei calde de consum se diferențiază față de temperatura de utilizare a apei calde; pentru preparare, se adoptă temperaturi de 45-60 $^{\circ}\text{C}$, iar pentru utilizare, temperaturile se încadrează în intervalul 35 și 60 $^{\circ}\text{C}$, după cum urmează:

- pentru igienă corporală – 35 – 40 $^{\circ}\text{C}$;

- pentru spălat / degresat – 50-60 °C.

Temperatura de preparare a apei calde menajere este cuprinsă în intervalul 45-60 °C, în funcție de poziția echipamentului de preparare în raport cu punctele de consum. În scopul definirii unei date comparabile de calcul, se va folosi ca temperatură nominală de preparare a apei calde de consum, temperatura de 60 °C.

3.6.3 Temperatura apei reci

Variația temperaturii apei reci poate avea un efect important în evaluarea necesarului de căldură pentru producerea apei calde de consum.

În mod convențional, aceasta se consideră egală cu 10 °C.

Pentru a ține seama de diferitele zone geografice se pot lua în considerare variații locale în funcție de categoria sursei, conform datelor din tabelul 3.4.

Tabelul 3.4 - Temperatura apei reci

Captare a apei din:	Temperatura apei reci (°C), în lunile anului:												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Medie
Rauri de munte	5	8	9	11	12	13	14	14	13	11	9	7	10,5
Rauri de câmpie sau lacuri	5	8	10	12	15	18	20	18	15	12	10	7	12,5
Puțuri de mică adâncime	7	9	10	11	12	13	13	14	13	12	10	8	11,0
Puțuri de medie adâncime	10	10	11	11	11	12	12	12	12	11	11	10	11,5

3.6.4 Volumul necesar de apă caldă de consum

Volumul teoretic de apă caldă necesară consumului se determină în funcție de destinația clădirii, de tipul consumatorului de apă caldă de consum și de numărul de utilizatori / unități de folosință.

Pentru clădiri noi, se aplică metoda descrisă la punctul 3.6.4.1.

În cazul clădirilor existente, calculul volumelor de apă caldă de consum se diferențiază în funcție de prezența sau absența sistemelor de contorizare a apei. În cazul în care există un sistem de contorizare, se utilizează, pentru calculele de evaluare, valorile volumului de apă înregistrat de apometre, pentru perioada de calcul. În cazul în care nu există un sistem de contorizare locală a consumurilor de apă, se utilizează metoda descrisă la punctul 3.6.4.1.

3.6.4.1 Volumul necesar de apă caldă de consum calculat cu debite specifice [l/om,zi]

Pentru clădiri noi, volumul de apă caldă de consum se determină cu următoarea relație de calcul:

$$V_{ac} = a \times N_u / 1000 \quad [m^3] \quad (3.4)$$

în care:

a necesarul specific de apă caldă de consum, la 60 °C [m³], pentru unitatea de utilizare/folosință, pe perioada considerată;

N_u numărul unităților de utilizare / folosință a apei calde de consum (persoană, unitatea de suprafață, pat, porție etc)

Valorile pentru a și N_u depind de:

- tipul și destinația clădirii;
- tipul activității desfășurate în clădire;
- tipul activităților, pe zone ale clădirii, atunci când în clădire există mai multe activități care diferențiază volumele de apă caldă consumate în clădire;
- standardele sau clasa de activitate, ca de exemplu numărul de stele pentru hoteluri sau categoria restaurantelor.

Pentru valorile lui a se vor putea utiliza fie valorile recomandate de STAS 1478, fie valorile recomandate în anexa II.3.B – valori preluate din normele europene EN 15316 3-1).

Numărul de persoane N_u aferent clădirilor de locuit se determină ca valoare medie, în funcție de indicele mediu (statistic) de ocupare a suprafeței locuibile a clădirilor, utilizând următoarea procedură de calcul:

- se determină suprafața locuibilă S_{Loc} [m²] (camere de zi, dormitoare, holuri locuibile, etc);
- se determină indicele mediu de locuire, i_{Loc} , din anexa II.3.C, în funcție de tipul clădirii (individuală, înșiruită sau bloc) și de amplasarea acesteia (județ și mediu – urban sau rural);
- se determină numărul mediu normat de persoane aferent clădirii, utilizând următoarea relație de calcul;

$$N_u = S_{Loc} \times i_{Loc} \quad [\text{persoane/ap}] \quad (3.5)$$

3.6.4.2 Volumul necesar de apă caldă de consum calculat pentru locuințe unifamiliale

În cazul apartamentelor, se pot utiliza valori medii, statistice, care ilustrează consumul mediu zilnic de apă caldă. Acest calcul poate utiliza indici care țin seama de următoarele:

- de consumul specific de apă caldă de consum, considerând valorile din anexa II.3.D, tabel D.1;
- de dotarea cu obiecte sanitare a locuinței unifamiliale, considerând valorile din anexa II.3.D, tabel D.2;
- în funcție de numărul de încăperi, considerând valorile din anexa II.3.D, tabel D.3;
- în funcție de suprafața locuinței unifamiliale, conform metodologiei și valorilor din anexa II.3.E.
- valorile prezentate au fost preluate și prelucrate din DTU60 și EN 15316.

3.7 Pierderile de căldură aferente furnizării la consumator a apei calde de consum

Pierderile totale de căldură corespunzătoare instalației de alimentare cu apă caldă de consum, $Q_{ac,p}$ se exprimă prin suma pierderilor de căldură al fiecărui sistem component, după cum urmează:

$$Q_{ac,p} = Q_{ac,c} + Q_{ac,d} + Q_{ac,s} + \Sigma Q_{ac,g} \quad [J] \quad (3.6)$$

în care:

$Q_{ac,c}$ pierderea de căldură datorată furnizării / utilizării la consumator a apei calde la temperatură diferită de temperatura nominală de calcul [J]

$Q_{ac,d}$ pierderea de căldură pe conductele de distribuție [J]; pierderea de căldură depinde de lungimea rețelei sistemului de distribuție a apei calde de consum, de amplasarea conductelor de distribuție, de izolarea lor termică, de temperatura apei calde și de sistemul de control aferent;

$Q_{ac,s}$ pierderea de căldură corespunzătoare sistemelor de acumulare a apei calde de consum [J];

$Q_{ac,g}$ pierderea de căldură aferentă echipamentului de preparare a apei calde de consum cât și pe circuitul de agent termic primar, atât pe perioada de funcționare a acestuia cât și pe perioada de nefuncționare.

Capitolul de față tratează modul de evaluare al termenului $Q_{ac,c}$, respectiv pierderea de căldură datorată furnizării / utilizării la consumator a apei calde la temperatură diferită de temperatura nominală de calcul [J] .

Formula generală de determinare a acestui termen este dată de relația:

$$Q_{ac,c} = \sum_{i=1}^n \rho * c * V_{ac,c} * (\theta_{ac,c} - \theta_{ar}) \quad (3.7)$$

în care:

ρ densitatea apei calde de consum [kg/m³] (tabel 3.3);

c căldura specifică a apei calde de consum [J/kg K] (tabel 3.3);

$V_{ac,c}$ volumul corespunzător pierderilor și risipei de apă caldă de consum pe perioada considerată [m³];

$\theta_{ac,c}$ temperatura de furnizare/utilizare a apei calde la punctul de consum [°C];

θ_{ar} temperatura apei reci care intră în sistemul de preparare a apei calde de consum [°C];

$i = 1, n$ reprezintă indicele de calcul pentru categoriile de consumatori.

Pentru evaluarea termenului $V_{ac,c}$ se propune studiul mai multor aspecte:

- starea tehnică a echipamentelor de consum
- prezența rețelei de recirculare a apei calde de consum
- evaluarea volumelor de apă pierdute cu ajutorul unor debite pierdute specifice, l/om,zi
- evaluarea volumelor de apă pierdute cu ajutorul unor coeficienți adimensionali, reprezentând pierderile ca procente din volumul total al consumului de apă caldă

3.7.1.1 Volumul de apă caldă de consum corespunzător pierderilor și risipei de apă, calculat cu pierderi specifice de apă caldă de consum

În cazul clădirilor de locuit cu instalații racordate la un sistem de încălzire centralizat la care nu există un sistem de contorizare a consumurilor de apă caldă menajeră, în vederea estimării pierderilor și risipei de apă caldă, se propune inițial realizarea unui program de măsurători ale

consumurilor de apă, pe durata a 5-10 zile consecutive și care vizează consumurile de apă în intervalul de noapte 1:00 – 5:00.

În vederea realizării acestor măsurători, sunt necesare următoarele condiții necesare:

- accesibilitate la racordul de apă caldă din subsolul tehnic;
- livrarea apei calde în regim continuu de la PT/CT fără întreruperi în timpul nopții.
- În cazul în care nu este posibilă realizarea măsurătorilor privind consumurile (pierderile) de apă caldă menajeră în timpul nopții, atunci pierderile de apă se estimează după starea tehnică a armăturilor din imobilul vizat, după cum urmează:
 - în cazul armăturilor într-o stare tehnică bună în proporție de 30%, atunci se estimează pierderi de $5 \text{ l/om, zi} \times (n_{ac}/24)$, unde n_{ac} reprezintă numărul zilnic de ore de livrare a apei calde menajere (valoare medie anuală);
 - în cazul armăturilor într-o stare tehnică precară (armături defecte) și în cazul în care se constată că subsolul blocului/scării expertizate este umed, atunci se consideră pierderi de $30 \text{ l/om, zi} \times (n_{ac}/24)$, unde n_{ac} reprezintă numărul zilnic de ore de livrare a apei calde menajere (valoare medie anuală).

Aceste valori corespund unor coeficienți de pierderi și risipă de apă de 10-25% din volumul de apă normat.

3.7.1.2 Volumul de apă caldă de consum corespunzător pierderilor și risipei de apă, calculat cu coeficienții adimensionali

Pierderile de apă caldă de consum se pot estima și cu ajutorul unor coeficienți de calcul, astfel încât volumul real de apă caldă necesară consumului este determinat de valoarea teoretică a volumului de apă caldă amendată de coeficienți supraunitari, care majorează valoarea teoretică, în funcție de timpul de așteptare pentru furnizarea, la punctele de consum (datorită lipsei sistemelor de recirculare a apei calde și datorită stării tehnice a armăturilor)

$$V_{ac} + V_{ac,c} = V_{ac} \times f_1 \times f_2 \quad [\text{m}^3]; \quad (3.8)$$

Se propune adoptarea următoarelor valori pentru coeficienții f :

- $f_1 = 1,30$ pentru obiective alimentate în sistem centralizat, fără recirculare
- $f_1 = 1,20$ pentru obiective alimentate în sistem local centralizat
- $f_1 = 1,10$ pentru obiective alimentate în sistem local
- $f_2 = 1,10$ pentru instalații echipate cu baterii clasice
- $f_2 = 1,05$ pentru instalații echipate cu baterii monocomandă

în care:

f_1 depinde de tipul instalației la care este racordat punctul de consum

f_2 depinde de starea tehnică a armăturilor la care are loc consumul de apă caldă

3.7.1.3 Volumul de apă caldă de consum corespunzător pierderilor și risipei de apă, cu valori tabelare

Pierderile de apă caldă de consum se pot estima și cu ajutorul unor valori predefinite, mediate în funcție de *temperatura de utilizare, numărul de utilizatori pe zi și volumul de apă estimat la o utilizare*. În anexa II.3.F sunt prezentate valori ale energiei pierdute la consumator, în tabelul F.1

3.8 Metoda de calcul a necesarului de energie termică aferent sistemelor de distribuție a apei calde de consum

Pierderile de căldură pe traseul conductelor de distribuție a apei calde de consum

Pierderile totale de energie termică ($Q_{ac,d}$) prin sistemul de distribuție se calculează prin însumarea energiei termice pierdute prin fiecare secțiune.

$$Q_{ac,d} = \Sigma Q_{ac,d,ind} + Q_{ac,d,com} \quad (3.9)$$

în care:

$Q_{ac,d,ind}$ pierderile de căldură pentru fiecare sistem de distribuție independent, racordat la traseul comun de distribuție (de exemplu conductele de distribuție aferente unui apartament, racordate la rețeaua de distribuție a clădirii) ;

$Q_{ac,d,com}$ pierderile de căldură pentru traseele comune de distribuție a apei calde de consum.

3.9 Pierderile de căldură pe conductele de distribuție a apei calde de consum

3.9.1 Generalități

Conductele de distribuție a apei calde de consum sunt reprezentate de conductele de transport a apei calde de consum, pornind de la echipamentele de preparare a apei calde (de tip instantaneu sau cu acumulare) și continuând cu traseele până la punctele de consum; conductele de distribuție a apei calde de consum sunt însoțite, în unele cazuri, de rețele de recirculare a apei, în vederea menținerii temperaturii apei calde la valoarea necesară consumului (furnizării).

Conductele de distribuție a apei calde de consum pot alimenta unul sau mai mulți consumatori. Fiecare conductă sau părți ale conductei sunt tratate separat. Pierderile totale de energie se obțin prin însumarea pierderilor pe toate tronsoanele de conducte luate în calcul.

De cele mai multe ori, în primele momente ale furnizării apei calde la consumatori, temperatura apei calde de consum nu are valorile necesare consumului; în general, acest volum de apă este evacuat la canalizare. Energia utilizată pentru încălzirea inițială a acestui volum de apă este considerată pierdută, și determină o întârziere în furnizarea apei calde la punctul de consum, la temperatura dorită de consumator. La aceasta se adaugă pierderile de căldură pe traseul conductelor de distribuție și în elementele de îmbinare a acestora (fitinguri, armături etc).

De asemenea, când apa caldă de consum din sistemul de distribuție a atins temperatura dorită, apar pierderi de căldură ale sistemului pe toată perioada de livrare a apei calde. După ce s-a furnizat apa caldă necesară, energia termică rămasă în sistemul de distribuție se pierde în mediul înconjurător. Energia termică rămasă în sistemul de distribuție este dată de conținutul de apă din sistemul de distribuție și de capacitatea termică a materialelor din sistemul de distribuție. Ca ordin de mărime, însă, pierderile de căldură corespunzătoare sistemului de distribuție a apei calde de consum sunt mai mici ca valoare în comparație cu cantitatea de căldură conținută de volumele de apă caldă de consum rămase în sistem între două utilizări până la obținerea temperaturii dorite/de contorizare.

Valorile pierderilor de căldură corespunzătoare conductelor de distribuție pot fi reduse în cazul în care rețeaua de distribuție este astfel concepută încât există un număr mare de consumatori repartizați pe toată lungimea rețelelor, iar cantitățile de apă caldă de consum sunt extrase din rețea la intervale de timp relativ scurte, împiedicându-se astfel stagnarea apei în conducte.

Izolarea conductelor componente ale sistemului de distribuție poate reduce semnificativ pierderile de energie termică ale sistemului. Energia termică totală pierdută în timpul furnizării apei calde pentru consum se va diminua. Izolarea conductelor de distribuție nu va anula însă pierderile de căldură (aferele volumelor) de apă stagnante în conducte (evacuate până la obținerea temperaturii normale de utilizare) (în absența consumurilor de apă caldă menajeră).

În acest capitol vor fi descrise cinci metode de calcul al pierderilor de energie termică. Aceste metode diferă atât prin abordările de calcul, cât și prin datele necesare calculului. Pentru calcule practice, se va alege metoda de calcul ce va fi cea mai potrivită în funcție de datele disponibile și de tipul consumatorului.

3.9.2 Pierderile de căldură a conductelor de distribuție calculate în funcție de mărimea suprafeței locuibile

Această metodă, bazată pe valoarea suprafeței la care se face raportarea, poate fi utilizată doar în cazul locuințelor unifamiliale în care există un sistem propriu de preparare a apei calde menajere, amplasat într-un spațiu încălzit, interior clădirii. Se presupune, de asemenea, că traseul conductelor către punctele de consum este cel mai scurt posibil, iar alte detalii ale traseului devin ne semnificative în calcul. Relațiile de calcul sunt prezentate în anexa II.3.G.

3.9.3 Pierderile de căldură aferente conductelor determinate pe baza lungimii conductelor de alimentare cu apă caldă

Se pot defini două metode de calcul a emisiei de căldură, bazate doar pe lungimea traseelor de distribuție a apei calde de consum; prima metodă utilizează formule de calcul, în timp ce a doua utilizează date centralizate în tablele. Aceste metode pot fi utilizate doar în cazul clădirilor de locuit.

3.9.3.1 Metoda de calcul simplificată

Această metodă va lua în considerare atât pierderea de căldură datorată traseelor de distribuție cât și pierderea de căldură aferentă volumului de apă acumulat în conducte. În vederea utilizării acestei metode, sunt necesare date privind atât diametrele tuturor trosoanelor de distribuție cât și lungimile acestora. Această metodă de calcul aproximează și valorile volumelor de apă caldă risipite la punctele de consum, datorită răcirii apei calde de consum. Metoda este descrisă în anexa II.3.H.

3.9.3.2 Metoda cu date intabulate

Această metodă este valabilă doar pentru clădirile de locuit și se bazează pe estimarea proporției între cantitățile de energie termică necesare diferitelor echipamente montate într-o locuință, în funcție de tipul punctului de consum, și lungimea conductelor, și se specifică separat

pentru punctele de consum amplasate în bucătării și pentru grupurile sanitare. Valorile necesare calculului sunt prezentate în anexa II.3.I.

3.9.4 Pierderile de căldură pe traseul conductelor de distribuție calculate pe baza tipurilor de armături pentru consumul apei calde

Pierderile de căldură aferente sistemului de distribuție a apei calde de consum pot fi exprimate proporțional cu necesarul de energie termică aferentă furnizării apei calde de consum la punctele de consum. Nu este necesară o cunoaștere detaliată a geometriei sistemului de distribuție, dacă se cunosc date suficiente care să permită o estimare a lungimilor medii ale conductelor; în schimb, sunt necesare date privind poziționarea acestor trasee, prin spații încălzite sau prin spații neîncălzite și lungimile distribuției aferente acestor spații. În plus, este necesară cunoașterea cantității de căldură necesară consumului de apă caldă menajeră la armături, respectiv Q_{ac} . Metoda de calcul este detaliată în anexa II.3-J.

3.9.5 Pierderile de căldură pe traseul conductelor de distribuție calculate utilizând o metodă detaliată de calcul

Pierdere de căldură aferentă unei conducte i de apă caldă de consum $Q_{ac,c,i}$ [kWh/lună] se calculează cu relația:

$$Q_{ac,d,i} = (1/1000) \times U_i \times L_i \times (\theta_{m,ac,d,i} - \theta_{amb}) \times t_{ac} \times z \quad [\text{kWh/lună}] \quad (3.10)$$

în care:

U_i coeficientul specific de pierderi de căldură pe unitatea de lungime de conductă [W/m K];

L_i lungimea conductei i [m];

$\theta_{m,ac,d,i}$ temperatura medie a apei în conducta respectivă [°C];

θ_{amb} temperatura aerului ambient din zona de amplasare a conductei [°C];

t_{ac} durata de furnizare a apei calde de consum, respectiv intervalul de timp pentru care se face evaluarea [zi/lună];

z timpul efectiv de furnizare a apei calde [ore/zi].

Pentru întreaga instalație de distribuție, pierdere de căldură totală se va calcula prin însumarea pierderilor de căldură aferente tronsoanelor de calcul componente:

$$Q_{ac,d} = \sum_i Q_{ac,d,i} \quad [\text{kWh/lună}] \quad (3.11)$$

Detalii privind determinarea termenilor componenți sunt prezentate în anexa II.3-K.

3.10 Pierderile de căldură aferente unei rețele de distribuție a apei calde de consum, în cazul prezenței rețelei de recirculare a apei calde de consum

Un sistem de distribuție a apei calde de consum cu recirculare se definește printr-un circuit în care recircularea se realizează în mod continuu sau automat, în funcție de valoarea temperaturii apei calde de consum în conductele de distribuție, astfel încât temperatura la consumator să nu scadă sub o valoare prestabilită. Recircularea apei în sistemul astfel închis se realizează cu ajutorul unei pompe. Din circuitul astfel format, se alimentează, prin intermediul unor tronsoane independente, consumatorii de apă caldă de consum. În anumite situații, sistemul de recirculare se poate extinde până la punctele de consum / receptori.

3.10.1 Determinarea pierderilor de căldură pe conductele de recirculare a apei calde de consum utilizând lungimea tronsoanelor

Pierderile de căldură pentru rețelele de recirculare pot fi evaluate în funcție de diametrul conductelor și de materialul din care sunt realizate acestea, cu ajutorul datelor precalculate, oferite tabelar sau grafic. Pentru calcule orientative/informative, se poate aproxima o pierdere de căldură pe conductele de recirculare de 40 W/m.

3.10.2 Determinarea pierderilor de căldură pe conductele de recirculare a apei calde de consum utilizând o metodă simplificată de calcul

Pierderile de căldură pentru rețelele de circulație pot fi apreciate utilizând o metodă de calcul complexă, respectiv cea de la punctul 3.9.5. Metoda este detaliată în anexa II.3.K.

3.10.3 Determinarea pierderilor de căldură pe o conductă de recirculare a apei caldă de consum în perioada de nefuncționare a pompei

Dacă sistemul de recirculare a apei calde de consum nu funcționează continuu, atunci se vor înregistra pierderi de căldură suplimentare de la traseele de distribuție și circulație către mediul exterior, în perioadele de nefuncționare a pompelor.

Pierderile de căldură corespunzătoare se pot aprecia cu următoarea relație de calcul:

$$Q_{ac,d, fara\_c} = c_{ac} \times V_{ac} \times (\theta_{m,ac,d} - \theta_{amb}) \times N_n \quad [W/luna] \quad (3.12)$$

în care:

V_{ac} volumul de apă caldă de consum conținut în conductele de distribuție și circulație [m³];

N_n perioada de nefuncționare a instalației de recirculare a apei calde.

Aceste pierderi de căldură suplimentare, aferente perioadei de nefuncționare a sistemului de circulație se adaugă pierderilor de căldură totale pe distribuție.

3.11 Pierderile de căldură aferente echipamentelor montate la punctele de consum

Alimentarea consumatorilor cu apă caldă de consum se realizează prin intermediul armăturilor (robinete, baterii, paneluri de ajutaje pentru duș etc). În funcție de construcția acestor și de materialul din care sunt realizate, aceste echipamente vor disipa, în timpul furnizării apei calde la consumator, la rândul lor, o parte din căldura conținută de apă caldă de consum, determinând o întârziere în furnizarea, la punctul de consum, a apei calde la temperatura minimă necesară. Efectul imediat îl reprezintă mărirea pierderilor de căldură în sistemul de alimentare cu apă caldă. Având în vedere ponderea redusă a acestor pierderi de căldură, acestea pot fi apreciate în calcul împreună cu cele corespunzătoare rețelelor de distribuție, și nu sunt necesare calcule suplimentare; în acest caz, metoda de calcul este prezentată în anexa II.3.K.

3.12 Pierderile auxiliare de energie aferente sistemelor de distribuție a apei calde de consum

Pierderile auxiliare de energie corespunzătoare sistemelor de distribuție a apei calde de consum sunt reprezentate de consumurile de energie electrică a sistemelor cu cordoane electrice încălzitoare a traseelor sau de consumurile electrice ale pompelor. Pompele sunt necesare fie pentru acoperirea pierderilor de presiune în sistemele de recirculare a apei calde, fie pentru ridicarea presiunii apei din sistemele de distribuție a apei calde de consum, respectiv pompele din instalațiile de ridicare a presiunii cuplate cu recipiente de hidrofor, în vederea asigurării presiunii necesare apei la punctele de consum. Pompele pot fi instalate fie la intrarea în sistemul de distribuție a apei, crescând presiunea apei livrate la consumatori sau pot fi plasate astfel încât să crească presiunea într-un singur punct (spre exemplu zona aferentă dușului sau băilor matrimoniale cu duze de masaj).

3.13 Pierderi auxiliare de energie necesare pentru încălzirea electrică a traseelor

Atunci când se utilizează cordoane electrice încălzitoare în vederea reducerii pierderilor de căldură de-a lungul traseelor de distribuție a apei calde, consumul de energie este echivalent pierderilor de căldură corespunzătoare situației în care aceste sisteme electrice nu ar fi instalate. Cordonul încălzitor nu este utilizat în vederea producerii de apă caldă de consum. În consecință, aceste pierderi de energie nu vor fi adăugate termenilor care dau, în final, cantitatea de căldură necesară preparării apei calde, ci vor reprezenta consumuri auxiliare de energie ale sistemului, fiind de natură electrică.

Energia necesară poate fi calculată cu formula:

$$Q_{ac,d,i} = L_{i,ce} \times U_{ac,d} \times (\theta_{m,ac,d,i} - \theta_{amb}) \times t_{ac} \quad [\text{Wh}] \quad (3.13)$$

în care:

$L_{i,ce}$ – lungimea cordonului încălzitor [m];

$U_{ac,d}$ – coeficientul specific de pierderi de căldură pe unitatea de lungime de conductă [W/m K];

$\theta_{m,ac,d,i}$ – temperatura medie în secțiunea tevi [°C];

θ_{amb} – temperatura aerului ambient din zona de amplasare a conductei [°C];

t_{ac} – durata de alimentare cu apă caldă de consum [zi/lună].

Se presupune ca perioada de funcționare a cordonului electric încălzitor coincide cu perioada de furnizare a apei calde de consum, în cazul în care această furnizare nu este continuă.

3.14 Energia auxiliară necesară funcționării pompelor

În vederea asigurării transportului apei calde de consum prin conductele de distribuție și recirculare, este necesară, în aceste sisteme, prezența pompelor; în vederea estimării consumurilor de energie electrică necesare funcționării acestor pompe, se pot utiliza fie o metodă simplificată, fie o metodă detaliată de calcul.

3.14.1 Metodă simplificată de calcul a energiei electrice necesare pompelor

Consumul de energie electrică al pompelor poate fi determinat cu relația:

$$W_{ac,d,pompa} = f_{pompa} \times P_{pompa}$$

În care

$$W_{ac,d,pompa} \quad - \text{energia electrică necesară acționării pompei} \quad [\text{kWora/an}] \quad (3.14)$$

$$f_{pompa} \quad - \text{constanta pompei}$$

$$P_{pompa} \quad - \text{puterea pompei} \quad [\text{kW}] \quad (3.15)$$

Se va considera pentru f_{pompa} valoarea $f_{pompa} = 8760$.

3.14.2 Metodă detaliată de calcul a energiei electrice necesare pompelor

În cazul în care se cunoaște configurația geometrică a sistemului de distribuție a apei calde menajere, atunci se poate utiliza o metodă complexă de calcul pentru determinarea energiei electrice necesare funcționării pompelor. Acest necesar de energie electrică poate fi calculat pornind de la energia hidraulică necesară în sistem și randamentul pompei.

Relația de calcul pentru a determina energia electrică aferentă pompei de circulație este următoarea:

$$W_{ac,d,pompa} = W_{ac,d,hidr} \times e_{ac,hidr} \quad [\text{kWh}] \quad (3.16)$$

în care:

$$W_{ac,d,pompa} \quad - \text{energia electrică necesară acționării pompei} \quad [\text{kWh/lună}];$$

$$W_{ac,d,hidr} \quad - \text{energia hidraulică necesară în sistem} \quad [\text{kWh/lună}];$$

$$e_{ac,hidr} \quad - \text{(coeficientul de performanță) randamentul pompei.}$$

Detalii sunt oferite în Anexa II.3.L.

3.15 Pierderi de căldură recuperabile, recuperate și nerecuperabile

Pierderile de căldură ale instalației de alimentare cu apă caldă de consum nu sunt în întregime pierdute, raportându-le la sistemul clădirii. O parte dintre ele poate fi recuperată și utilizată, spre exemplu, pentru încălzirea spațiului. Putem considera că anumite pierderi sunt recuperabile doar în anumite perioade ale anului, atunci când necesarul de încălzire a spațiilor este important. În unele cazuri însă, pierderile de căldură recuperabile pot deveni sarcină suplimentară în calculul sistemelor de răcire a clădirilor.

Dacă anumite pierderi pot fi recuperate sau nu, se stabilește în funcție de amplasarea conductelor de transport a apei calde de consum față de clădire. Pierderile de căldură provenind de la sistemul de distribuție a apei calde devin recuperabile dacă acestea sunt amplasate în spațiul încălzit al clădirii.

Dacă se consideră recuperate pierderile de căldură aferente sistemului de distribuție, ar trebui luat în calcul și transferul de căldură din mediul ambiant încălzit către conductele pozate în acest spațiu. În plus, se poate considera și transferul de căldură din spațiul încălzit către apa uzată din sistemele de canalizare care traversează spațiile calde ale clădirii. În final, bilanțul cantităților de căldură referitoare acestor aspecte poate fi neglijat.

O parte a pierderilor auxiliare de energie electrică pentru pomparea apei poate fi recuperată sub formă de căldură pentru apa caldă de consum. Recuperarea acestor energii pierdute transmise apei poate fi luată în considerare în calculul sistemului de distribuție, determinând o reducere a pierderilor. Având în vedere aportul redus al acestei recuperări de energie, ea poate fi, de cele mai multe ori, neglijată.

3.16 Metoda de calcul a necesarului de energie termică aferent echipamentelor de preparare și acumulare a apei calde de consum

Metodele de calcul ale consumurilor de energie din sistemul de preparare a apei calde de consum se referă la evaluarea următorilor termeni:

- pierderile de căldură aferente echipamentelor de preparare a apei calde de consum (boilere, schimbătoare de căldură, rezervoare de acumulare fără serpentină, aparate de preparare instantanee a apei calde etc);
- pierderile de căldură aferente conductelor de distribuție a agentului termic primar;

3.17 Pierderile de căldură aferente echipamentelor de preparare a apei calde de consum

Prepararea apei calde de consum poate să fie realizată fie cu ajutorul unui echipament cu preparare instantanee (schimbător de căldură, aparate electrice instantanee etc) fie cu ajutorul unui echipament cu acumulare (boiler). Sursa de energie pentru prepararea apei calde de consum poate fi asigurată fie de către un agent termic primar, produs de o centrală termică aferentă clădirii/apartamentului în care are loc consumul de apă, fie de către un arzător de gaze naturale combustibile (în cazul boilerelor cu arzător), ori de către un echipament electric.

În cazul utilizării echipamentelor de preparare a apei calde de consum cu acumulare, pierderile de căldură prin suprafața exterioară a acestor echipamente devine importantă, având drept efect atât o scădere a eficienței globale a instalației de alimentare cu apă caldă de consum, cât și o reducere a performanței energetice a clădirii.

3.17.1 Pierderile de căldură prin mantaua boilerului (acumulatorului de apă caldă de consum)

Pierderile de căldură ale unui recipient de preparare și acumulare a apei calde menajere sunt reprezentate de pierderile de energie prin mantaua recipientului. Aceste pierderi pot fi cuantificate pe perioada unui an.

3.17.1.1 Boiler amplasat în subsolul clădirii

Cantitatea anuală de căldură disipată prin mantaua boilerului amplasat în subsolul unei clădiri existente (într-un spațiu rece) se determină cu relația:

$$Q_{ac,s} = \frac{0,001 \times S_{Lat}}{0,10 + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} n_h \times (\theta_{acb} - \theta_{amb}), \quad [\text{kWh/an}] \quad (3.17)$$

în care:

S_{Lat} - suprafața laterală a boilerului	[m ²]
δ_m - grosimea peretelui boilerului (metal)	[m]
λ_m - conductivitatea termică a metalului	[W/mK]
δ_{iz} - grosimea medie a izolației	[m]

λ_{iz} - conductivitatea termică a izolației, în funcție de starea acesteia [W/mK]

n_{h_k} - numărul mediu de ore de livrare a apei corespunzătoare pentru fiecare lună k din sezonul de încălzire [h/lună]

θ_{acb} - temperatura medie a apei în boiler, determinată cu relația:

$$\theta_{acb} = 0,70 \times \theta_{ac0}, \quad (3.18)$$

unde θ_{ac0} reprezintă temperatura de preparare a apei calde de consum, în secțiunea de ieșire din echipamentul de stocare; se consideră $\theta_{ac0} = 55 - 60^\circ \text{C}$)

3.17.1.2 Boiler amplasat în spațiul locuit al clădirii

Cantitatea anuală de căldură disipată prin mantaua boilerului amplasat în spațiul locuit (încălzit) al unei clădiri existente se determină cu relația:

$$Q_{ac,s} = \frac{0,001 \times S_{Lat}}{0,10 + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} n_h \times (\theta_{acb} - \theta_{amb}), \quad [\text{kWh/an}] \quad (3.19)$$

în care:

S_{Lat} - suprafața laterală a boilerului [m^2]

δ_m - grosimea peretelui boilerului (metal) [m]

λ_m - conductivitatea termică a metalului [W/mK]

δ_{iz} - grosimea medie a izolației [m]

λ_{iz} - conductivitatea termică a izolației, în funcție de starea acesteia [W/mK]

n_{h_k} - numărul mediu de ore de livrare a apei corespunzătoare pentru fiecare lună k din sezonul de încălzire, [h/lună]

θ_{acb} - temperatura medie a apei în boiler, determinată cu relația:

$$\theta_{acb} = 0,70 \times \theta_{ac0} \quad (3.20)$$

, unde θ_{ac0} reprezintă temperatura de preparare a apei calde de consum, în secțiunea de ieșire din echipamentul de stocare; se consideră $\theta_{ac0} = 55 - 60^\circ \text{C}$)

3.18 Pierderile de căldură aferente conductelor de distribuție a agentului termic primar

În cazul în care apa caldă de consum este preparată de un echipament care utilizează un agent termic primar furnizat de un generator de căldură, vor exista pierderi de căldură pe traseele conductelor de transport a agentului termic primar de la generator (cazan) către echipamentul de preparare. Aceste pierderi de căldură pot fi calculate folosind relațiile de calcul detaliate în continuare.

3.18.1 Metoda de calcul a emisiei căldurii pentru conductele primare

Pierdere de căldură corespunzătoare unui tronson i din rețeaua de conducte primare [kWh/zi] poate fi calculată astfel:

$$Q_{ac,p,i} = \frac{1}{1000} \times U \times L_i \times (\theta_{ac,p} - \theta_{amb}) * t_{ac} * z \quad [\text{kWh/an}] \quad (3.21)$$

unde:

U - coeficientul specific unitar de pierdere a căldurii [W/mK]

L_i - lungimea tronsonului de conductă [m]

$\theta_{ac,p}$ - temperatura medie a apei pe secțiunea conductei [°C]

θ_{amb} - temperatura mediului ambiant [°C]

t_{ac} - durata de furnizare a apei calde de consum [zi/lună]

z - timpul de funcționare a pompei de circulație [h/zi]

În calculul pierderilor de căldură provenite de la conductele de transport ale agentului termic primar se vor utiliza, în măsura posibilului, valori reale ale acestora, măsurate pe planuri sau pe teren. Dacă nu există un plan detaliat a rețelei de conducte existente atunci pot fi utilizate valorile medii ale lungimilor conductei, exprimate în funcție de suprafața clădirii.

Componentele individuale ale ecuației sunt obținute de la metoda dată în anexa II.3.M.

3.18.2 Energia auxiliară

Energia auxiliară este reprezentată de energia electrică necesară pompelor de circulație, amplasate pe traseul primar al conductelor.

Dacă pompa este inclusă în carcasa generatorului de căldură (respectiv a centralei termice), atunci această energie auxiliară este considerată parte integrantă a energiei auxiliare necesare generatorului. Dacă pompa se află în afara generatorului de căldură, atunci necesarul de energie va fi calculat separat.

O metodă simplificată sau o metodă de calcul detaliată este utilizată estimând energia utilizată de pompe în sistemul de circulație primar dintre generatorul de căldură și recipientul de stocare.

3.18.2.1 Metoda simplificată

Energia electrică cerută de pompă poate fi estimată cu ajutorul puterii nominale a pompei.

$$W_{acp,pompa} = f_{p,pompa} \times P_{p,pompa} \quad (3.22)$$

unde:

$W_{acp,pompa}$ - necesarul de energie electrică [kWh/an]

$f_{p,pompa}$ - constanta pompei de pe traseul agentului primar (durata de funcționare a pompei, în ore/an)

$P_{p,pompa}$ - puterea nominală a pompei de pe traseul agentului primar [kW]

Valorile constantei $f_{p,pompa}$ pot fi apreciate, în funcție de durata de funcționare a pompei. Dacă valoarea acestei constante nu se cunoaște, atunci se consideră $f_{p,pompa} = 8760$ (ore/an), care corespunde unei funcționări continue a pompei.

3.19 Pierderile de căldură aferente echipamentelor de preparare a apei calde de consum

Necesarul de apă caldă de consum este asigurat cu ajutorul unei surse de căldură, prin intermediul unui echipament generator de căldură. Acesta poate fi un cazan alimentat de un combustibil (solid, lichid, gazos), un echipament folosind energia electrică sau, ca variantă suplimentară, utilizând energia provenind de la o sursă neconvențională de energie (energie solară, de exemplu).

3.19.1 Pierderile aferente sistemelor de generare a căldurii pentru alte tipuri de clădiri

Când sistemele de generare a apei calde sunt instalate în clădirile în care există mai multe sisteme de preparare a apei calde de consum, de exemplu în cazul clădirilor cu mai multe apartamente unifamiliale, sau în cazul clădirilor cu mai multe funcțiuni (de ex. apartamente + magazine la parter, magazine + birouri etc) pentru care există, corespunzător, mai multe echipamente de preparare a apei calde, eficiența de generare a apei calde este calculată cu ajutorul sumei termenilor referitori la toate sectoarele din clădire.

3.20 Proporțiile de calcul ale căldurii necesare preparării apei calde menajere în sistemele combinate

Dacă apa caldă de consum este preparată de mai multe echipamente, racordate fiecare la un alt tip de energie, atunci trebuie evaluată ponderea, în preparare, a fiecărui sistem. Contribuția fiecărui sistem pleacă de la premiza că apa caldă de consum poate fi furnizată de maxim trei tipuri de echipamente interconectate între ele; de exemplu, preîncălzirea apei calde de consum poate fi realizată cu ajutorul energiei solare, cea de a doua treaptă de preparare este asigurată de un alt tip de echipament și în final, un al treilea echipament de preparare a apei calde în perioada vârfurilor de consum. Suma acestor ponderi nu trebuie să depășească valoarea 1.

3.20.1 Instalații cu generatoare multiple

Dacă într-o instalație se utilizează mai multe echipamente pentru generarea cantității de căldură aferente necesarului pentru apa caldă de consum, se calculează contribuția proporțională a fiecărui echipament, $\alpha_{Tac,g}$; în final, energia termică necesară totală se calculează cu formula:

$$Q = \sum_1^i \alpha_{Tac,g,i} * Q_i \quad (3.23)$$

3.20.1.1 Pierderile de energie termică pentru generatoare alternative

În cazul în care o parte sau întreaga cantitate de apă caldă de consum este produsă de un generator de căldură funcționând cu alt combustibil decât gaz natural combustibil, eficiența generatorului de căldură se calculează similar eficienței pentru sistemele de încălzire conform capitolului II.1.

3.20.1.2 Energia auxiliară

Energia auxiliară este energia, alta decât cea oferită de combustibil, necesară punerii în funcțiune a arzătorului, a pompei de pe circuitele agenților termici primari și a oricarui echipament a carui funcționare este legată de utilizarea subsistemelor de generare și transport a energiei termice.

3.21 Pierderile de căldură recuperabile, recuperate și nerecuperabile

Pierderile de căldură ale sistemului de preparare a apei calde de consum nu sunt în întregime pierdute. O parte a acestor pierderi poate fi recuperată, prin utilizarea ei pentru încălzirea spațiilor. Însă doar o mică fracție poate fi considerată utilă, și aceasta în perioadele din an în care există un necesar de energie pentru încălzire cu valori semnificative. În cazuri de răcire a spațiilor. Pierderile de căldură trebuie adăugate sarcinii de răcire a clădirii.

Valorile pierderilor recuperabile sunt determinate, de asemenea, și de pozițiile conductelor și ale generatorului de energie termică; când acestea sunt amplasate în spațiul încălzit al clădirii, atunci pierderile de căldură devin cantități de căldură recuperabile. Pierderile totale recuperabile care pot fi recuperate sunt determinate în capitolul II.1.

Anexa II.3.A

Se recomandă utilizarea valorilor specifice de apă caldă pentru consum din STAS 1478, cu ajutorul cărora se determină necesarul de apă caldă în funcție de destinațiile clădirilor.

Anexa II.3.B

Tabel B.1 - Valori pentru „a” și N_u pentru diferite tipuri de clădiri și activități (valori preluate din normele europene EN 15316 3-1), cu excepția clădirilor de locuit (vezi anexa II.3.D). Valorile consumurilor sunt exprimate pe durata unei săptămâni.

Felul activității	a [l/unit], la temperatura de 60°C	N_u	Obs.
Unități de cazare	330	număr de paturi	
Stabilimente de sănătate fără cazare	120	persoană	
Stabilimente de sănătate cu cazare fără spălătorie	665	număr de paturi	
Restaurante 2 mese pe zi, bucătărie tradițională	255	număr de consumatori	
Restaurante 1 masă pe zi, bucătărie tradițională	125	număr de consumatori	
Restaurante cu autoservire, 2 mese pe zi	95	număr de consumatori	
Restaurante cu autoservire, 1 masă pe zi	45	număr de consumatori	
Hotel 1 stea fără spălătorie	665	număr de paturi	
Hotel 1 stea cu spălătorie	830	număr de paturi	
Hotel 2 stele fără spălătorie	910	număr de paturi	
Hotel 2 stele cu spălătorie	1075	număr de paturi	
Hotel 3 stele fără spălătorie	1160	număr de paturi	
Hotel 3 stele cu spălătorie	1325	număr de paturi	
Hotel 4 stele fără spălătorie	1405	număr de paturi	
Hotel 4 stele cu spălătorie	1570	număr de paturi	
Complexe sportive	1200	număr de dușuri instalate	

Anexa II.3.C

Tabel C.1 - Indicele mediu de ocupare a locuințelor din Romania

Județul	Indice mediu de ocupare a locuințelor [persoane / m ²] *)					
	MEDIU URBAN			MEDIU RURAL		
	individuale	înșiruite	bloc	individuale	înșiruite	bloc
Alba	0,078	0,081	0,093	0,084	0,099	0,092
Arad	0,071	0,065	0,079	0,066	0,086	0,078
Argeș	0,081	0,076	0,092	0,091	0,097	0,096
Bacău	0,085	0,090	0,096	0,093	0,096	0,095
Bihor	0,075	0,070	0,087	0,078	0,097	0,093
Bistrița Năsăud	0,084	0,080	0,095	0,086	0,099	0,097
Botoșani	0,097	0,089	0,103	0,103	0,105	0,105
Brașov	0,069	0,073	0,096	0,071	0,097	0,107
Brăila	0,085	0,086	0,096	0,084	0,112	0,093
Buzău	0,090	0,095	0,095	0,083	0,097	0,092
Caraș Severin	0,073	0,087	0,088	0,075	0,092	0,074
Călărași	0,094	0,100	0,097	0,093	0,110	0,102
Cluj	0,071	0,071	0,088	0,077	0,095	0,086
Constanța	0,086	0,103	0,093	0,088	0,132	0,100
Covasna	0,073	0,079	0,092	0,081	0,108	0,096
Dâmbovița	0,085	0,088	0,095	0,096	0,100	0,098
Dolj	0,048	0,077	0,093	0,080	0,081	0,074
Galați	0,085	0,086	0,100	0,084	0,100	0,093
Giurgiu	0,083	0,086	0,088	0,083	0,099	0,106
Gorj	0,084	0,107	0,102	0,089	0,090	0,070
Harghita	0,077	0,091	0,099	0,077	0,104	0,092

continuare

<i>Județul</i>	<i>Indice mediu de ocupare a locuințelor [persoane / m²] *)</i>					
	MEDIU URBAN			MEDIU RURAL		
	<i>individuale</i>	<i>înșiruite</i>	<i>bloc</i>	<i>individuale</i>	<i>înșiruite</i>	<i>bloc</i>
Hunedoara	0,073	0,094	0,095	0,075	0,094	0,096
Ialomița	0,099	0,113	0,096	0,093	0,110	0,094
Iași	0,094	0,086	0,098	0,115	0,114	0,110
Maramureș	0,089	0,084	0,087	0,094	0,092	0,102
Mehedinți	0,081	0,089	0,098	0,077	0,098	0,077
Mureș	0,075	0,079	0,093	0,080	0,108	0,104
Neamț	0,082	0,085	0,096	0,096	0,099	0,094
Olt	0,091	0,095	0,099	0,093	0,086	0,075
Prahova	0,078	0,079	0,093	0,088	0,102	0,117
Satu Mare	0,074	0,073	0,087	0,088	0,092	0,096
Sălaj	0,081	0,080	0,097	0,072	0,098	0,090
Sibiu	0,067	0,072	0,093	0,069	0,080	0,110
Suceava	0,082	0,091	0,098	0,098	0,099	0,094
Teleorman	0,099	0,093	0,092	0,095	0,088	0,080
Timiș	0,065	0,064	0,077	0,067	0,089	0,096
Tulcea	0,091	0,109	0,099	0,076	0,088	0,084
Vaslui	0,103	0,120	0,113	0,101	0,115	0,102
Vâlcea	0,090	0,088	0,093	0,091	0,090	0,074
Vrancea	0,081	0,091	0,093	0,081	0,094	0,079
Mun. București	0,076	0,070	0,073	0,085	0,094	0,072
România	0,080	0,078	0,090	0,086	0,100	0,091

*) Cu referire la suprafața camerelor de locuit (dormitoare, camere de zi, holuri locuibile, etc.).

Anexa II.3.D

Tabel D.1 - Evaluarea necesarului zilnic de apă caldă de consum, pentru o persoană, în clădiri de locuit unifamiliale, pentru nevoi igienico – sanitare și gospodărești.

Natura folosinței		Consum zilnic [litri / persoană]
Toaleta	Dimineața	6
	Seara	6
Spălat mâini	Prânz	2
	Seara	3
Duș		30
Baie la cadă		(75)/15
Preparare hrană		2
Spălat veselă	Dimineața	1
	Prânz	3
	Seara	2
Curățenie și spălări ușoare		5
Total mediu [litri / om·zi]		75

Necesar anual:

- apă caldă = $75 \times 365 = 27375$ litri / om · an
- energie pentru preparare = $27375 \cdot (60-10) = 1368,75 \cdot 10^3$ Kcal / an
 $= 1368,75 \cdot 4,186 \cdot 10^6 = 5729,58 \cdot 10^6$ J / an
 $\approx 5730 \cdot 10^6$ J / an

Tabel D.2 - Necesarul zilnic de apă caldă de consum și energie, funcție de gradul de echipare și numărul de utilizatori, în cazul locuințelor unifamiliale

Obiecte sanitare deservite	Numar de persoane deservite	Necesar zilnic de apa calda $t = 60^{\circ} \text{C}$ *)		Necesar zilnic de energie pentru prepararea apei calde de consum			
		[litri / zi]		[Kcal / zi]		[KW / zi]	
		Zile consum normal	Zile consum maxim	Zile consum normal	Zile consum maxim	Zile consum normal	Zile consum maxim
Spalator	1 - 2	30	40	1500	2000	1.746	2.328
	3 - 4	40	50	2000	2500	2.328	2.91
	5 - 6	50	60	2500	3000	2.91	3.492
Lavoar + Bideu	1 - 2	35	40	1750	2000	2.037	2.328
	3 - 4	60	70	3000	3500	3.492	4.074
	5 - 6	80	90	4000	4500	4.656	5.238
Lavoar + Dus	1 - 2	45	55	2250	2750	2.619	3.201
	3 - 4	80	100	4000	5000	4.656	5.82
	5 - 6	100	130	5000	6500	5.82	7.566
Lavoar + Dus+ Bideu	1 - 2	80	95	4000	4750	4.656	5.529
	3 - 4	140	170	7000	8500	8.148	9.894
	5 - 6	180	220	9000	11000	10.476	12.804
Lavoar + Cada	1 - 2	50	75	2500	3750	2.91	4.365
	3 - 4	80	120	4000	6000	4.656	6.984
	5 - 6	115	175	5750	8750	6.693	10.185
Lavoar + Cada + Bideu	1 - 2	85	115	4250	5750	4.947	6.693
	3 - 4	140	190	7000	9500	8.148	11.058
	5 - 6	195	265	9750	13250	11.349	15.423
Spalator + Lavoar + Dus	1 - 2	75	95	3750	4750	4.365	5.529
	3 - 4	120	170	6000	8500	6.984	9.894
	5 - 6	150	190	7500	9500	8.73	11.058
Spalator + Lavoar + Cada	1 - 2	80	115	4000	5750	4.656	6.693
	3 - 4	120	170	6000	8500	6.984	9.894
	5 - 6	165	235	8250	11750	9.603	13.677
Spalator + Lavoar + Cada + Bideu	1 - 2	90	150	4500	7500	5.238	8.73
	3 - 4	150	240	7500	12000	8.73	13.968
	5 - 6	195	340	9750	17000	11.349	19.788

*) Valorile pentru consumuri sunt preluate din DTU60.

Tabel D.3 - Valori recomandate pentru evaluarea consumurilor de apă caldă de consum, pentru clădiri de locuit, în funcție de numărul de camere, în l/zi, la temperatura de 60°C.

Consumuri medii specifice de apă caldă de consum, în l/zi, la temperatura de 60°C					
Număr de camere	1	2	3	4	5
Consum mediu zilnic [l/zi]	75	105	150	180	240
l/an	27375	38325	54750	65700	87600
Energie pentru preparare apă caldă, [kcal/an]	1368750	1916250	2737500	3285000	4380000
Energie pentru preparare apă caldă [kJ/an]	5729587.5	8021422.5	11459175	13751010	18334680

**) Valorile pentru consumuri sunt preluate din DTU60.*

Anexa II.3.E

Volumul necesar de apă caldă de consum calculat pentru locuințe unifamiliale, în funcție de suprafață

Pentru stabilirea volumului necesar de apă caldă de consum calculat pentru locuințe unifamiliale, în funcție de suprafață, se pornește de la relația de calcul:

$$V_{ac} = a * N_u / 1000 \quad [m^3] \quad (E.1)$$

în care:

a necesarul specific de apă caldă de consum, la 60 °C [m^3], pentru unitatea de suprafață locuibilă

N_u suprafața locuibilă a locuinței unifamiliale, respectiv S_{Loc} [m^2]; în acest caz, termenul N_u devine suprafața decalcul (suprafața locuibilă), respectiv S_{Loc} [m^2].

Standardul EN 15316 3-1 indică pentru „a” următoarele relații de calcul:

$$a = \frac{X \times \ln(S_{Loc}) - Y}{S_{Loc}} \quad \text{dacă } N_u \text{ (sau } S_{Loc}) > 40 m^2 \quad (E.2)$$

$$a = Z \quad \text{dacă } 14 < N_u \text{ (sau } S_{Loc}) < 40 m^2 \quad (E.3)$$

Valorile pentru coeficienții X, Y și Z, conform EN 15316-3-1 sunt:

$$X = 1715;$$

$$Y = 4825;$$

$$Z = 45$$

În final, se utilizează, pentru calculul volumului de apă caldă de consum, expresia:

$$V_{ac} = a * S_{Loc} / 1000 \quad [m^3 / zi]$$

Valorile rezultate pentru „a” și pentru V_{ac} , în funcție de suprafața locuinței unifamiliale N_u (S_{Loc}), se regăsesc în tabel E.1.

Tabel E.1. - Volumul necesar de apă caldă de consum calculat pentru locuințe unifamiliale, în funcție de suprafață

Suprafata locuibila	Indice specific de consum	Volum de apa calda de consum	Suprafata locuibila	Indice specific de consum	Volum de apa calda de consum
$S_{Loc} [m^2]$	$a [l/ m^2]$	$V_{ac}=a \times S_{Loc} [l/zi]$	$S_{Loc} [m^2]$	$a [l/ m^2]$	$V_{ac}=a \times S_{Loc} [l/zi]$
14-40	45	630-1800	145.00	26.97	3910.10
41.00	42.53	1743.78	150.00	26.45	3968.24
45.00	42.30	1903.43	155.00	25.96	4024.47
50.00	41.68	2084.12	160.00	25.49	4078.92
55.00	40.87	2247.58	165.00	25.04	4131.70
60.00	39.95	2396.80	170.00	24.61	4182.89
65.00	38.99	2534.07	175.00	24.19	4232.61
70.00	38.02	2661.17	180.00	23.78	4280.92
75.00	37.06	2779.49	185.00	23.39	4327.91
80.00	36.13	2890.18	190.00	23.02	4373.65
85.00	35.23	2994.15	195.00	22.66	4418.19
90.00	34.36	3092.17	200.00	22.31	4461.61
95.00	33.53	3184.90	205.00	21.97	4503.96
100.00	32.73	3272.87	210.00	21.64	4545.29
105.00	31.97	3356.54	215.00	21.33	4585.64
110.00	31.24	3436.32	220.00	21.02	4625.07
115.00	30.54	3512.56	225.00	20.73	4663.61
120.00	29.88	3585.55	230.00	20.44	4701.31
125.00	29.24	3655.56	235.00	20.16	4738.19
130.00	28.64	3722.82	240.00	19.89	4774.30
135.00	28.06	3787.55	245.00	19.63	4809.66
140.00	27.50	3849.92	250.00	19.38	4844.31

Anexa II.3.F

Tabel F.1 - Pierderi de energie la consumator in raport cu temperatura de utilizare, numarul de utilizatori pe zi si volumul de apa estimat la o utilizare

Receptor	Consum [l/utilizare]	Tempera- tura de utilizare [° C]	Numar de utilizari / zi			Consum total acc [l/zi]			Pierdere de energie la utilizare					
			1 - 2	3 - 4	5 - 6	1 - 2	3 - 4	5 - 6	[Kcal/zi]			[KW/zi]		
									1 - 2	3 - 4	5 - 6	1 - 2	3 - 4	5 - 6
Lavoar	6-10	40	4	6	10	24	36	60	480	720	1200	0, 55	0, 84	1, 4
Bideu	6	40	-	2	3	-	12	18	-	240	360	-	0.27	0, 42
Dus	30-40	35	1	1,5	3	30	45	90 -120	750	1125	2250-3000	0, 87	1, 31	2, 6- 3, 5
Cada baie	120-150	40	0,3	0,6	0,8	36	72	96 -120	720	1440	1920-2400	0, 84	1, 68	2, 24- 2, 79
Spalator	20-30	60	2	2	4	40	40	80	-	-	-	-	-	-
Masina de spalat	100	70	0,15	0,15	0,3	15	15	30	-	-	-	-	-	-
CONSUM TOTAL			Litri / zi			145	220	374-428	1950	3525	5730-6960	2, 26	4, 1	6,66-8,1
CONSUM MEDIU			Litri / om · zi			72, 5	73, 5	74,8- 71,5	975	1175	1146-1390	1,13	1,36	1, 33-1,61

Anexa II.3.G

Calculul pierderilor de căldură aferente conductelor de distribuție, calculate în funcție de suprafața locuibilă, pentru clădiri unifamiliale, în lipsa sistemului de recirculare a apei calde

Metoda se aplică pentru locuințe unifamiliale, considerând cantitățile de apă eliminate până la obținerea temperaturii de confort.

$$Q_{ac,d} = p \cdot \frac{S_{Loc}}{i_{Loc}} \cdot Q_{ac} \quad [J / an]$$

unde:

p = ponderea pierderilor

S_{Loc} = aria locuibilă [m²]

i_{Loc} = indicele de ocupare [persoane/m²]

Q_{ac} = consumul anual de energie pentru prepararea apei calde de consum [J / pers · an]

Ponderea pierderilor se adoptă în funcție de măsura ariei locuibile, cu următoarele valori:

p [%]	S_{Loc} [m ²]
10	≤ 50
8	50 – 100
5	>100

Consumul specific mediu anual de energie pentru prepararea apei calde de consum se adoptă cu valoarea :

$$q_{an} = 5730 \cdot 10^6 [J / pers \cdot an] - \text{pentru } 75 \text{ l/om,zi}$$

Anexa II.3.H

Calculul pierderilor de căldură aferente conductelor de distribuție a apei calde de consum, în funcție de lungimea conductelor

Metoda simplificată

Acest tip de calcul ia în considerare energia pierdută pe traseele de distribuție a apei calde de consum cât și de la volumul de apă caldă transportat de aceste conducte.

Pentru aplicarea acestei metode, sunt necesare date privind lungimea și diametrele tronsoanelor componente ale rețelei de distribuție.

Pierderile de căldură pentru fiecare tronson de conductă i se calculează cu formula:

$$Q_{ac,d,i} = (\rho_{ac} \times c_{ac} \times V_{ac,i} + c_M \times M_{M,i}) \times (\theta_{ac,nom,i} - \theta_{amb,i}) \times n_{arm} \times 365 \quad [\text{J/an}]$$

în care:

ρ_{ac} – masa specifică (densitatea) a apei [kg/m³]

c_{ac} – căldura specifică a apei [J/kg K]

$V_{ac,i}$ – volumul de apă conținut de tronsonul i [m³]

c_M – căldura specifică a materialului din care este realizată conducta de distribuție i [J/kg K]

$M_{M,i}$ – masa tronsonului i al rețelei de distribuție [kg]

$\theta_{ac,nom,i}$ – temperatura nominală a apei calde de consum, în tronsonul de distribuție i , [°C]

$\theta_{amb,i}$ – temperatura ambiantă în care este amplasată conducta i de distribuție, [°C]

n_{arm} - numărul de acționări ale armăturilor/zi, alimentate de tronsonul i

Nu sunt incluse în acest calcul pierderile de căldură aferente risipei de apă din intervalul de timp necesar furnizării la punctul de consum a apei la temperatura de utilizare.

În cazul în care se evaluează și pierderile de căldură absorbite de armăturile montate la punctele de consum, atunci acest termen suplimentar se adaugă la $Q_{ac,d,i}$.

Anexa II.3.I

Calculul pierderilor de căldură aferente conductelor de distribuție a apei calde de consum, în funcție de lungimea conductelor, pentru clădiri de locuit

Metoda tabelară

Această metodă este destinată doar clădirilor de locuit. Metoda se bazează pe estimări ale proporției energiei termice distribuite între diferitele armături montate într-o locuință, în funcție de lungimea țevelor. Se va face o diferențiere între conductele de alimentare cu apă a armăturilor montate în băi (grupuri sanitare) și în bucătărie.

$$Q_{ac,d} = Q_{ac} \times \frac{(1 - \eta_{distribuție})}{\eta_{distribuție}}$$

în care :

$Q_{ac,d}$ - pierderea de căldură aferentă sistemului de distribuție ;

Q_{ac} - necesarul de căldură corespunzător consumurilor de apă caldă de consum;

$\eta_{distribuție}$ - randamentul sistemului de distribuție.

Pentru $\eta_{distribuție}$ se sugerează următoarea formulă de calcul:

$$\eta_{distribuție} = \frac{1}{\frac{f_{bucatarie}}{\eta_{distrib,bucatarie}} + \frac{f_{baie}}{\eta_{distrib,baie}}}$$

în care:

$f_{bucatarie}$ - fracțiunea, din necesarul de apă caldă, aferentă bucătăriei

f_{baie} - fracțiunea, din necesarul de apă caldă, aferentă băii

$\eta_{distrib,bucatarie}$, $\eta_{distrib,baie}$ - reprezintă randamentul de transport al conductelor de distribuție, estimat distinct pe tronsoane funcție de diametre, lungimi și destinație (bucătărie, baie) conform tabelului anexat.

Valorile pentru $f_{bucatarie}$ și f_{baie} recomandate de EN15316-3-2 sunt următoarele:

$$f_{bucatarie} = 0,20$$

$$f_{baie} = 0,80$$

Aceste valori ale ponderilor sunt determinate considerând, conform EN15316-3-2, o medie de 2 utilizări ale bateriei din bucătărie, fiecare cu un consum de 1 litru și o utilizare de 8 litri la armăturile din baie, estimare pentru fiecare 10 litri de apă caldă menajeră consumată.

Având în vedere documentele DTU60, se recomandă și utilizarea valorilor $f_{bucatarie}$ și f_{baie} din tabelul I.1, în cazul apartamentelor cu dotare mai redusă ca obiecte sanitare.

Tabel I.1 – Valori pentru $f_{bucatarie}$ și f_{baie}

Obiecte sanitare deservite	Numar de persoane deservite	Necesar zilnic de apa calda de consum, $t = 60^{\circ} \text{C}$			Ponderi consum apă	
		Total	Bucatarie	Baie	$f_{bucatarie}$	f_{baie}
Spalator + Lavoar + Dus	1-2	75	30	45	0.40	0.60
	3-4	120	40	80	0.33	0.67
	5-6	150	50	100	0.33	0.67
Spalator + Lavoar + Cada	1-2	80	30	50	0.38	0.63
	3-4	120	40	80	0.33	0.67
	5-6	165	50	115	0.30	0.70
Spalator + Lavoar + Cada + Bideu	1-2	90	30	60	0.33	0.67
	3-4	150	40	110	0.27	0.73
	5-6	195	50	145	0.26	0.74

În vederea utilizării acestei metode, este necesară estimarea lungimilor conductelor de legătură de la sistemele de distribuție/circulație a apei calde de consum până la armătura de consum, și se vor utiliza notațiile $L_{bucătărie}$ respectiv L_{baie} .

Tabel I.2 – Valori pentru $\eta_{distrib,bucatarie}$, $\eta_{distrib,baie}$, respectiv pentru randamentul de transport al conductelor de distribuție, estimat distinct pe tronsoane funcție de diametre, lungimi și destinație (bucătărie, baie); valorile sunt exprimate ca ponderi (valori subunitare)

Lungimea conductelor $L_{bucătărie}$ (m)	<2	2...4	4...6	6...8	8...10	10...12	12...14	>14
Bucatarie $\eta_{distrib,bucatarie}$								
$D_{int} \leq 8 \text{ mm}$ (pentru 2/3 din lungimea conductelor)	1	0,86	0,75	0,67	0,6	0,55	0,5	0,46
$D_{int} \leq 10 \text{ mm}$ (pentru 2/3 din lungimea conductelor)	1	0,79	0,65	0,55	0,48	0,43	0,38	0,35
Alte diametre	1	0,69	0,53	0,43	0,36	0,31	0,27	0,21
Lungimea conductelor L_{baie} (m)	<2	2...4	4...6	6...8	8...10	10...12	12...14	>14
Baie $\eta_{distrib,baie}$								
Toate diametrele	1	0,95	0,9	0,86	0,82	0,78	0,75	0,72

Anexa II.3.J

Calculul pierderilor de căldură din sistemul de distribuție, în funcție de mărimea consumului anual de energie pentru producerea apei calde de consum

Pierderile de căldură aferentă sistemului de distribuție a apei calde de consum pot fi exprimate în funcție de cantitatea de energie termică înglobată în volumul de apă caldă consumată la punctele de furnizare a acesteia. Cunoașterea detaliată a sistemului de distribuție nu este necesară, atâta vreme cât se cunosc următoarele:

- date necesare estimării lungimii medii a traseelor conductelor.
- date privind poziționarea rețelelor de distribuție, respectiv care lungimea traseelor de distribuție amplasate în spații încălzite și lungimea traseelor de distribuție amplasate în spații neîncălzite;
- date privind cantitatea de energie termică corespunzătoare consumurilor de apă caldă de consum la armături, Q_{ac} .

În cazul în care se pot estima și pierderile de căldură aferente bateriilor pentru consum (armăturii), atunci necesarul de energie pentru prepararea apei calde menajere va fi dat de suma între energia termică necesară asigurării consumului de apă caldă menajeră plus pierderea la dispozitivul care există la consumator.

Necesarul de energie pentru apa caldă menajeră se bazează pe numărul mediu de utilizări ale armăturilor, stabilite la nivel european. Deși aceste date nu vor fi identice pentru toate tipurile de clădiri în studiu, și pentru toate tipurile de dotări (consumatori), pot oferi valori reprezentative în ceea ce privește proporția între tipurile de consumuri și respectiv, de energii termice corespunzătoare, înregistrate pentru diferite tipuri de armături.

Pierderile de căldură aferente rețelelor de distribuție se estimează cu expresia:

$$Q_{ac,d} = \alpha_{ac,d} \times Q_{ac}$$

în care :

$\alpha_{ac,d}$ – factor de pierdere de căldură exprimat ca o fracțiune din energia termică necesară consumului de apă caldă la punctele de consum

Există trei valori reprezentative pentru $\alpha_{ac,d}$, respectiv:

$\alpha_{ac,d1}$ - factorul care exprimă pierderea de căldură pentru ciclul de utilizare a armăturilor de tipul 1, căruia îi corespunde un consum de 2100 Wh/zi ; în consecință, $Q_{ac,d1} \sim 700 \text{ kWh / an}$.

$\alpha_{ac,d2}$ - factorul care exprimă pierderea de căldură pentru ciclul de utilizare a armăturilor de tipul 1, căruia îi corespunde un consum de 5845 Wh/zi ; în consecință, $Q_{ac,d2} \sim 1930 \text{ kWh / an}$.

$\alpha_{ac,d3}$ - factorul care exprimă pierderea de căldură pentru ciclul de utilizare a armăturilor de tipul 3, căruia îi corespunde un consum de 11655 Wh/zi ; în consecință, $Q_{ac,d3} \sim 3850 \text{ kWh / an}$.

În consecință,

$$Q_{ac,d1} = \alpha_{ac,d1} \times Q_{ac1}$$

$$Q_{ac,d2} = \alpha_{ac,d2} \times Q_{ac2}$$

$$Q_{ac,d3} = \alpha_{ac,d3} \times Q_{ac3}$$

în care se apreciază pentru coeficienții de pondere următoarele relații:

$$\alpha_{ac,d1} = 0,09 + 0,005 \times (L_{med} - 6) + 0,008 \times L_{sni}$$

$$\alpha_{ac,d2} = 0,10 + 0,005 \times (L_{med} - 6) + 0,008 \times L_{sni}$$

$$\alpha_{ac,d3} = 0,05 + 0,005 \times (L_{med} - 6) + 0,008 \times L_{sni}$$

în care:

L_{med} – lungimea medie a traseului de distribuție plasat în interiorul unui spațiu încălzit ;

L_{sni} – lungimea medie a traseului de distribuție plasat într-un spațiu neîncălzit (dacă este cazul).

Relațiile de mai sus se pot exprima cu ajutorul unei singure relații, exprimate sub forma :

$$\alpha_{ac,d} = \beta + 0,005 \times (L_{med} - 6) + 0,008 \times L_{sni}$$

în care :

β = coeficient variabil funcție de necesarul anual având valori diferite, ilustrate în

tabelul J.1

Tabel J.1 – Valori pentru β , în funcție de necesarul anual de căldură Q_{ac}

Q_{ac}		β
[J / an]	[KWh / an]	
$\leq 2500 \cdot 10^6$	700	0, 09
$7000 \cdot 10^6$	1950	0, 10
$\geq 13500 \cdot 10^6$	3850	0, 05

Pentru valori intermediare, se face un calcul de interpolare liniară; după cum urmează:

dacă $Q_{ac} < Q_{ac2}$, atunci $\alpha_{ac,d} = \alpha_{ac,d2} - 0,01 \times [(Q_{ac2} - Q_{ac}) / (Q_{ac2} - Q_{ac1})]$

dacă $Q_{ac} > Q_{ac2}$, atunci $\alpha_{ac,d} = \alpha_{ac,d2} - 0,05 \times [(Q_{ac} - Q_{ac2}) / (Q_{ac3} - Q_{ac2})]$

Anexa II.3.K

Calculul pierderilor de căldură aferente conductelor de distribuție a apei calde de consum, utilizând o metodă detaliată de calcul

K.1. Calculul pierderilor de căldură

Pierdere de căldură aferentă unei conducte i de apă caldă de consum $Q_{ac,c,i}$ [kWh/lună] se calculează cu relația:

$$Q_{ac,d,i} = (1/1000) \times U_i \times L_i \times (\theta_{m,ac,d,i} - \theta_{amb}) \times t_{ac} \times z \quad [\text{kWh/luna}] \quad (\text{K.1})$$

în care:

U_i coeficientul specific de pierderi de căldură pe unitatea de lungime de conductă [W/m K];

L_i lungimea conductei i [m];

$\theta_{m,ac,d,i}$ temperatura medie a apei în conducta respectivă [°C];

θ_{amb} temperatura mediului ambiant din zona de amplasare a conductei [°C];

t_{ac} durata de alimentare cu apă caldă de consum, respectiv durata de funcționare a instalației într-o lună [zi/lună];

z numărul orelor de furnizare a apei calde [ore/zi].

Pentru rețeaua de distribuție, pierdere de căldură totală se va calcula prin însumarea pierderilor de căldură aferente tronsoanelor de calcul componente:

$$Q_{ac,d} = \sum_i Q_{ac,d,i} \quad [\text{kWh/luna}] \quad (\text{K.2})$$

K.2. Determinarea lungimii conductelor de distribuție

În vederea efectuării calculelor, rețeaua de distribuție se împarte în trei zone de calcul, respectiv: zona conductelor de distribuție orizontale, pornind de la generatorul de căldură către coloanele de distribuție a apei calde de consum (L_V); coloanele de distribuție a apei calde, respectiv (L_S) și zona distribuției apei calde de la coloană către consumator, respectiv zona L_{SL} .

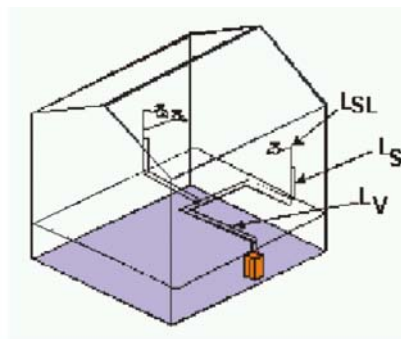


Fig. K.1 – Delimitarea zonelor semnificative ale rețelei de distribuție

Conductele de distribuție din zona L_V pot fi amplasate fie într-un spațiu încălzit (de exemplu la plafonul parterului locuit al clădirii) fie într-un spațiu neîncălzit (în subsolul sau podul neîncălzit al clădirilor). Conductele componente ale zonei L_S pot avea trasee atât verticale cât și orizontale, și, în general, sunt amplasate în spații încălzite. Traseele cuprinse în zonele L_V și L_S sunt, în general, însoțite de sistemul de circulație a apei calde de consum; nu se consideră prezența circulației apei calde în zona L_{SL} .

În cazul în care nu există date privind geometria rețelelor de transport a apei calde de consum, atunci pot fi utilizate valori reprezentative, apreciate în funcție de mărimea suprafeței locuibile a clădirii, respectiv S_{Loc} , care consideră că unei suprafețe locuibile de 80 m^2 îi corespunde o lungime a conductei de distribuție de 6 m.

Tabelul K.1 - Valori caracteristice pentru determinarea lungimii de calcul a conductelor de distribuție și recirculare

Valori caracteristice	Simbol	Unitate de masura	Zona V	Zona S	Zona SL
Temperatura medie ambientală	Θ_{amb}	°C	13 sau 20	20	20
Lungime pentru trasee cu recirculare	L	m	$26+0,02 \times A_N$	$0,075 \times A_N$	---
Lungime pentru trasee fără recirculare	L	m	$13+0,01 \times A_N$	$0,038 \times A_N$	---
Lungime legături în cazul deservirii a două încăperi adiacente	L	m	---	---	$4 \times (A'_N/80)$
Lungime legături individuale	L	m	---	---	$6 \times (A'_N/80)$

În tabel se folosesc următoarele mărimi :
 A_N = suprafața medie a pardoselii spațiului deservit
 A'_N = suprafața peretelui

Sistemele locale de preparare și transport ale apei calde de consum presupun amplasarea surselor de preparare a apei în apropierea consumatorilor, astfel că nu există sisteme de circulație sau de distribuție centralizată. Singurele pierderi din sistemul de distribuție sunt asociate ramurilor individuale.

Echipamentul de preparare a apei calde menajere poate alimenta unul sau multi consumatori. În unele cazuri, acesta poate fi amplasat în zone încălzite din clădire. Pentru a calcula aceste pierderi, lungimea reală a țevilor trebuie cunoscută.

Dacă nu există un plan detaliat al rețelei, se pot considera valori reprezentative pentru lungimea țevelor, exprimate în funcție de suprafața locuibilă ; aceste valori sunt date în tabel K.2.

Tabelul K.2 - Valori caracteristice pentru determinarea lungimii de calcul a conductelor de distribuție în apartamente.

Parametru	Simbol	Unitate de masura	Zona SL
Temperatura medie ambiantă	Θ_{amb}	°C	20
Lungimea conductelor în cazul în care există în încăperea un singur punct de consum (de exemplu de la încălzitorul instantaneu de apă caldă de consum montat sub spălător către bateria spălătorului)	L	m	$1 \times (A_N / 80)$
Lungimea conductelor pentru o încăperea în care există mai multe puncte de consum (ex. baie)	L	m	$3 \times (A_N / 80)$
Lungimea conductelor pentru deservirea în comun a mai multor puncte de consum în camere adiacente	L	m	$4 \times (A_N / 80)$
Lungimea pentru conducte de distribuție comune, în afara unității funcționale	L	m	$6 \times (A_N / 80)$

în care A_N = suprafața medie a pardoselii spațiului deservit

K.3. Determinarea coeficienților specifici de transfer de căldură pentru conducte.

În funcție de caracteristicile geometrice (diametru, grosimi) natura materialului (conductivitate termică) starea conductei (izolată, neizolată) și regimul funcțional (dinamic, staționar) au fost calculate valorile corespunzătoare ale pierderilor specifice de căldură, cantităților de căldură cedate și timpilor de răcire până la temperatura minimă admisibilă (40 °C).

Relațiile de calcul utilizate și rezultatele transpuse grafic și analitic sunt prezentate în anexe pentru conducte din oțel, cupru, polipropilenă, polietilenă, policlorură de vinil și multistrat.

În cazul în care nu se cunosc valorile pentru coeficienții de pierderi de căldură se pot utiliza valorile din tabelul K.3.

K.3.1 Tevi neizolate dar protejate

Pentru țevile neizolate montate sub tencuială, este necesar să se considere următoarele cazuri :

- Tevi neizolate, montate sub tencuială, pe un perete exterior neizolat al clădirii vechi ;
- Tevi neizolate, montate sub tencuială, pe un perete exterior izolat al unei clădirii noi sau vechi
- Tevi montate într-un perete exterior al unei clădirii

K.3.2 Tevi izolate

- Coeficientul specific de pierderi de căldură poate fi calculat cu relația :

$$U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_A}{d_R} + \frac{1}{\alpha_A \times d_A}} \quad [\text{W/mK}] \quad (\text{K.3})$$

în care:

λ – conductivitatea termică a izolației

d_A – diametrul exterior al conductei, inclusiv izolația (m)

d_R – diametrul țevii (m)

α_A – coeficientul de transfer de căldură ($\text{W/m}^2\text{K}$)

Se poate considera $\alpha_A = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Valorile pentru coeficientul specific de pierderi de căldură se regăsesc în tabelul Tabelul K.3.

K.3.3 Metoda simplificată pentru determinarea coeficientului specific de pierderi de căldură, cu valori tabelare

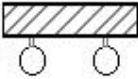
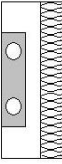
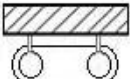
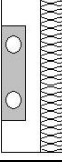
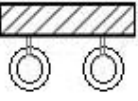
Coeficientul specific de pierderi de căldură se poate determina cu ajutorul unei formule simplificate de calcul, care are următoarea structură :

$$U_{ac,w} = A_{ac,dU} \times d_R + B_{W,dU} \quad [\text{W/mK}] \quad (\text{K.4})$$

în care :

coeficienții $A_{ac,dU}$ și $B_{W,dU}$ sunt specificați în tabelul K.4.

Tabelul K.3 - Coeficienți specifici de pierdere de căldură pentru sisteme de distribuție a apei calde de consum.

	Amplasare conducte		Descriere	Diametrul exterior al conductei neizolate [mm]	Coeficient specific de pierdere de căldură U [W / m·°C]
Sisteme realizate în perioada 1950 - 1979	Aparente neizolate		Conducte din oțel sau cupru	D < 18	0,6
				18 < D < 35	1,0
				35 < D < 64	2,0
				64 < D	3,0
	Îngropate în perete exterior neizolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		1,4
Sisteme realizate în perioada 1980 – prezent	Îngropate în perete exterior izolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		1,0
	Aparente izolate		Conducte izolate cu vată minerală și manta metalică.		0,4
	Îngropate în perete exterior neizolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		0,8
	Îngropate în perete exterior izolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		1,0
	Conducte izolate Grosime izolație $e = 1 / 2 e_{standard}$		Conducte amplasate pe pereți și tavan		0,3
	Conducte izolate Grosime izolație $e = e_{standard}$		Conducte amplasate în zone neîncălzite		0,2

	Conducte izolate Grosime izolație $e = 2 e_{standard}$		Îmbunătățirea eficienței energetice		0, 15

Tabelul K.4

Valorile coeficienților $A_{ac,dU}$ și $B_{W,dU}$ necesari metodei simplificate de calcul pentru coeficientul specific de pierderi de căldură U (W/mK)

Tipul izolației	d_R min.	d_R max.	$A_{ac,dU}$	$B_{W,dU}$
Clasa 2	10	300	$2,60 \times 10^{-3}$	0,2
Clasa 3	10	300	$2,00 \times 10^{-3}$	0,18
Clasa 4	10	300	$1,50 \times 10^{-3}$	0,16
Clasa 5	10	300	$1,10 \times 10^{-3}$	0,14
Clasa 6	10	300	$8,00 \times 10^{-4}$	0,12

K.4 Determinarea temperaturii medii ambientale

Temperatura medie ambiantă se calculează în exclusivitate în funcție de poziția conductei.

$$\theta_{amb} = \theta_{int} - b_{ac,d} * (\theta_{int} - \theta_{ext}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{K.4})$$

θ_{int} - temperatura interioară $[^{\circ}\text{C}]$

θ_{ext} - temperatura exterioară $[^{\circ}\text{C}]$

$b_{ac,d}$ - factor în funcție de locul de amplasare al conductelor, dat în tabelul K.5.

Tabel K.5 - Factor în funcție de locul de amplasare al conductelor

Poziția conductelor de distribuție	$b_{ac,d}$
În exteriorul clădirii	1
În afara spațiului încălzit, pentru conducte orizontale	0.8
În interiorul spațiului încălzit	0
Altă poziție (de exemplu, în tub de protecție)	se calculează sau se apreciază

Anexa II.3.L

Calculul consumului de energie electrică necesară pompelor de circulație

Evaluarea consumului de energie electrică necesară pompelor de circulație se poate realiza cu ajutorul relației de calcul:

$$W_{ac,d,pomp} = W_{ac,d,hidr} \times e_{ac,d} \quad [\text{kWh/luna}] \quad (\text{L.1})$$

în care:

h

$W_{ac,d,pomp}$ – energia electrică necesară pompei [kWh/luna]

$W_{ac,d,hidr}$ – energia hidraulică necesară pompei [kWh/luna]

$e_{ac,d}$ – coeficient de performanță al pompei de circulație

Energia hidraulică necesară instalației depinde de rezistența hidraulică aferentă sistemului și de timpul de funcționare al pompei:

$$W_{ac,d,hidr} = P_{hydr} \times t_{ac} \times z \quad [\text{kWh/luna}] \quad (\text{L.2})$$

în care:

P_{hydr} – puterea hidraulică a pompei [kW]

t_{ac} – durata de furnizare a apei calde de consum [zi/luna]

z – durata de funcționare a pompei [h/zi]

Puterea hidraulică necesară pompei de circulație pentru a acoperi necesarul hidrodinamic din sistem se estimează cu relația:

$$P_{hydr} = 0,2778 \times \Delta p \times \dot{V} \quad [\text{kW}] \quad (\text{L.3})$$

în care:

$\dot{V}$ – debitul volumetric de apă caldă de consum din sistem [m³/h]

Δp – înălțimea de pompare a pompei [kPa]

Debitul volumetric depinde de sarcina termică furnizată de echipamentul de preparare a apei calde de consum, $\dot{Q}_D$, de temperatura apei calde de consum la ieșirea din echipament cât și de diferența maximă de temperatură aferentă acestuia, $\Delta \vartheta_z$.

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_D}{1,15 \times \Delta \vartheta_z} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{L.4})$$

Termenul Δp , respectiv înălțimea de pompare a pompei, depinde de configurația geometrică a rețelei, respectiv lungimea tronsoanelor și numărul și tipul de piese de legătură, care dau mărimea pierderilor de sarcină liniare și locale în inelul distribuție-circulație a apei calde de consum, și se aproximează cu relația de calcul:

$$\Delta p = 0,10 \times L_{\max} + \sum \Delta p_{RV,TH} + \Delta p_{App} \quad [\text{kPa}] \quad (\text{L.5})$$

în care:

$L_{\max}$ – lungimea traseului de distribuție-recirculare [m];

$\Delta p_{RV,TH}$ – pierderea de presiune în fittinguri (piese de legătură, echipamente montate pe traseu: clapete de sens, robinete termostatare) [kPa];

Δp_{App} – pierderea de presiune în echipamentul de preparare a apei calde de consum [kPa].

Lungimea maximă a conductelor din instalația de distribuție și de circulație a apei calde de consum aferentă unei clădiri rectangulare poate fi apreciată cu valoarea distanței între colțul cel mai de jos al clădirii și colțul opus, cel mai de sus.

$$L_{\max} = L_{V,\max} + L_{S,\max} \quad [\text{m}] \quad (\text{L.6})$$

în care:

$L_{V,\max}$ – suma între lungimea și lățimea clădirii [m]

$L_{S,\max}$ – înălțimea totală a clădirii [m]

Coeficientul de performanță al pompelor de circulație poate fi determinat cu relația:

$$e_{d,e} = f_e \times C_p \times \beta_D^{-0,94} \quad (\text{L.7})$$

în care:

f_e – factor ce exprimă eficiența, poate fi determinat cu relațiile (L.8) sau (L.9);

C_p – constantă (a se vedea tabelul L.1);

β_D – factor de încărcare.

Factorul de eficiență se determină cu relația de calcul:

$$f_e = \frac{1,50 \times b}{0,015 \times P_{hidr}^{0,74} + 0,04} \quad \text{dacă nu se cunoaște tipul pompei} \quad (\text{L.8})$$

în care:

$b = 1$ pentru clădiri noi

$b = 2$ pentru clădiri existente

Dacă se cunoaște tipul pompei, atunci factorul de eficiență al pompei se calculează cu relația:

$$f_e = \frac{P_{pompa}}{P_{hidr}} \quad (\text{L.9})$$

în care

P_{pompa} – reprezintă puterea pompei [kW]

Pentru calculul lui C_p se utilizează valorile din L.1.

Tabel L.1 - Valori pentru constanta C_p

Pompa cu automatizare	Pompa fără automatizare	$\Delta p_{constant}$	$\Delta p_{variabil}$
C_p	0,97	0,66	0,52

Factorul de încărcare β_D al pompei se determină făcând raportul între debitul de apă recirculat în condiții nominale și debitul maxim de recirculare a apei. În cazul în care pompa nu are sisteme de automatizare în funcție de nivelul debitului de apă recirculat, atunci se consideră $\beta_D=1$.

Dacă există date privind consumurile de energie electrică ale pompei, atunci acestea pot fi direct utilizate.

Funcționarea intermitentă a pompei

Dacă nu este necesară o furnizare continuă a apei calde de consum (24 h/zi), atunci se pot considera ca ipoteze de calcul, două situații de funcționare, una pe durata zilei și cealaltă pe durata nopții. În consecință, energiile electrice consumate pot fi evaluate cu următoarea relație de calcul:

$$W_{ac,d,pomp} = W_{ac,d,hidr} \times e_{ac,d} \times (\alpha_{zi} + 0,60 \times \alpha_{noapte}) \quad [\text{kWh/luna}] \quad (\text{L.10})$$

în care :

$$\alpha_{noapte} = 1 - \alpha_{zi}, \quad [\text{kWh/luna}] \quad (\text{L.11})$$

iar α_{zi} și α_{noapte} reprezintă ponderile în funcționarea intermitentă a pompei. Se presupune ca perioada semnificativă de funcționare apare pe durata zilei. Timpul rămas este considerat „timp de noapte”, în care încărcarea pompei este minimă.

Dacă pompa este oprită pe durata nopții, atunci $\alpha_{noapte} = 0$

Anexa II.3.M

Calculul pierderilor de căldură pe traseele conductelor de transport a agentului termic primar

Pierdere de căldură pentru un tronson de lungime L a conductei se calculează cu relația:

$$Q_{acp,i} = \frac{1}{1000} \times U \times L_i \times (\theta_{m,ac,p,i} - \theta_{amb}) \times t_{ac} \times z \quad [\text{kWh/luna}] \quad (\text{M.1})$$

unde:

U - coeficientul specific de pierderi de căldură pe unitatea de lungime de conductă $[\text{W/m K}]$;

L_i - lungimea tronsonului de conductă $[\text{m}]$;

$\theta_{m,ac,p,i}$ - temperatura medie a apei din secțiunea conductei $[^{\circ}\text{C}]$;

θ_{amb} - temperatura medie ambientală $[^{\circ}\text{C}]$;

t_{ac} - durata de furnizare a apei calde de consum $[\text{zi/lună}]$;

z - timpul de funcționare a pompei de circulație montată pe traseul agentului termic primar $[\text{h/zi}]$.

M.1. Determinarea coeficienților specifici de transfer de căldură

Coeficientul specific de transfer de căldură pentru un tronson de conductă depinde de materialul din care este realizat, de diametrul și de locul de amplasare al acestuia.

M.1.1 Conducte neizolate, expuse

Pierderile de căldură pentru o conductă neizolată se datorează fenomenelor de convecție și radiație. În cazul conductelor neizolate, valorile coeficienților de pierderi de căldură specifici sunt date în tabelul M.1.

M.1.2 Conducte neizolate, pozate sub tencuială

În cazul conductelor neizolate amplasate sub tencuială, este necesară realizarea unei distincții între:

- conducte amplasate în peretele exterior neizolat al unei clădiri vechi;
- conducte amplasate în peretele exterior izolat al unei clădiri vechi sau noi;
- conducte amplasate în peretele exterior, unistrat al unei clădiri noi.

Valorile coeficienților de pierderi de căldură specifici sunt date în tabelul M.1.

M.1.3. Conducte izolate

Coeficientul de pierdere de căldură specifică se calculează cu relația:

$$U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_A}{d_R} + \frac{1}{\alpha_A * d_A}} \quad [\text{W/mK}] \quad (\text{M.2})$$

unde:

λ - conductivitatea termică a izolației $[\text{W/mK}]$

d_A - diametrul exterior al conductei izolate (inclusiv izolația)

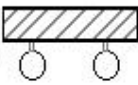
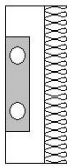
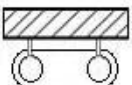
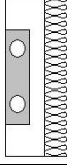
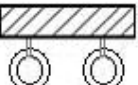
d_R - diametrul conductei $[\text{m}]$

α_A - coeficientul de transfer de căldură [W/m^2K]

Valoarea pentru conductele izolate este = $8W/m^2K$

Valorile coeficientului pierderilor de căldură sunt dati în tabelul M.1.

Tabel M.1 - Coeficienți de pierderi de căldură pentru conducte noi și vechi

	Amplasare conducte		Descriere	Diametrul exterior al conductei neizolate [mm]	Coeficient specific de pierdere de căldură U [$W / m^{\circ}C$]
<i>Sisteme realizate in perioada 1950 - 1979</i>	Aparente neizolate		Conducte din oțel sau cupru	$D < 18$	0, 6
				$18 < D < 35$	1, 0
				$35 < D < 64$	2, 0
				$64 < D$	3, 0
	Îngropate in perete exterior neizolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		1, 4
<i>Sisteme realizate in perioada 1980 – prezent</i>	Îngropate în perete exterior izolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		1, 0
	Aparente izolate		Conducte izolate cu vată minerală și manta metalică.		0, 4
	Îngropate in perete exterior neizolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		0, 8
	Îngropate în perete exterior izolat		Conducte din oțel, cupru sau material plastic		1, 0
	Conducte izolate <i>Grosime izolație $e = 1 / 2 e_{standard}$</i>		Conducte amplasate pe pereți și tavan		0, 3

	Conducte izolate <i>Grosime izolație</i> $e = e_{standard}$		Conducte amplasate în zone neîncălzite		0, 2
	Conducte izolate <i>Grosime izolație</i> $e = 2 e_{standard}$		Îmbunătățirea eficienței energetice		0, 15

M.1.4. Metoda simplificată pentru calculul coeficientului specific de pierderi de căldură

Ecuația simplificată de determinare a coeficientului specific de pierderi de căldură este:

$$U_{ac,d} = A_{ac,dU} \times d_R + B_{ac,dU} \quad [W/mK] \quad (M.3)$$

unde:

valorile coeficienților $A_{ac,dU}$ și $B_{ac,dU}$ sunt date în tabelul M.2.

Tabel M.2 - Parametrii de calcul a coeficienților specifici de pierderi de căldură pentru conducte

Tipul de izolație a conductelor	d_R min	d_R max	$A_{ac,dU}$	$B_{ac,dU}$
Clasa 2	10	300	$2,60 \times 10^{-3}$	0,200
Clasa 3	10	300	$2,00 \times 10^{-3}$	0,180
Clasa 4	10	300	$1,50 \times 10^{-3}$	0,160
Clasa 5	10	300	$1,10 \times 10^{-3}$	0,140
Clasa 6	10	300	$8,00 \times 10^{-4}$	0,120

M.2. Determinarea temperaturii medii ambientale

Temperatura medie ambiantă se calculează în exclusivitate în funcție de poziția conductei.

$$\theta_{amb} = \theta_{int} - b_{ac,d} * (\theta_{int} - \theta_{ext}) \quad [^{\circ}C] \quad (M.4)$$

θ_{int} - temperatura interioară $[^{\circ}C]$

θ_{ext} - temperatura exterioară $[^{\circ}C]$

$b_{ac,d}$ - factor în funcție de locul de amplasare al conductelor, dat în tabelul M.3.

Tabel M.3 - Factor în funcție de locul de amplasare al conductelor

Poziția conductelor de circulație a agentului primar	$b_{ac,d}$
In afara clădirii	1
In afara spațiului încălzit, pentru conducte orizontale	0.8
In interiorul spațiului încălzit	0
Altă poziție (de exemplu, în tub de protecție)	se calculează sau se apreciază

M.3. Determinarea temperaturii medii a agentului termic primar

Valoarea medie a temperaturilor agentului termic primar se va considera după cum urmează:

- 75 °C pentru un sistem cu o diferență de temperatură de 10°C;
- 70 °C pentru un sistem cu o diferență de temperatură de 20°C.

II.4 CALCULUL CONSUMULUI DE ENERGIE ȘI EFICIENTIZAREA ENERGETICA A SISTEMELOR DE ILUMINAT INTERIOR

4.1 INTRODUCERE

Metoda de calcul poate fi utilizată pentru următoarele aplicații:

- evaluarea conformității cu normele care prevăd limite de consum energetic;
- optimizarea performanței energetice a unei clădiri în proiectare prin aplicarea metodei pentru mai multe variante posibile de realizare;
- stabilirea unui nivel convențional de performanță energetică pentru clădirile existente;
- certificarea energetică a clădirilor;
- evaluarea efectului asupra unei clădiri existente al măsurilor posibile de conservare a energiei, prin calcularea necesarului energetic cu sau fără implementarea măsurilor de reabilitare;
- predicția resurselor energetice necesare în viitor la scară națională sau internațională prin calcularea necesarului energetic al unor clădiri reprezentative pentru întregul segment de clădiri.

Realizarea confortului vizual se face pe baza unor criterii de performanță și a unor valori normate specifice sistemelor de iluminat artificial sau integrat interior.

4.2 NORMATIVE ȘI STANDARDE CONEXE

EN 12193, Light and Lighting - Sports Lighting

EN 12646-1 Light and Lighting - Lighting of work places – Part1. Indoor work places;

EN 12665, Light and Lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements;

EN 13032-1, Lighting applications – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires – Part 1: Measurement and file format;

EN 60598, Luminaires

EN 60570, Electrical supply track systems for luminaires;

EN 61347, Lamp control gear

Vocabulaire Electrotechnique International CIE Publ. No.17.4

NP -061-02 Normativ pentru proiectarea și executarea sistemelor de iluminat artificial din clădiri

4.3 DEFINIȚII. SIMBOLURI

4.3.1 Definiții

4.3.1.1	Balast	Dispozitiv montat între rețeaua de alimentare și una sau mai multe lămpi cu descărcări, servind în principal să limiteze și să stabilizeze curentul sursei de lumină la valoarea cerută.
4.3.1.2	Balast electromagnetic clasic	Balast inductiv
4.3.1.3	Balast electronic	Ansamblu compus din dispozitive cu semiconductori și elemente stabilizatoare pentru funcționarea uneia sau a mai multor lămpi cu descărcări în curent alternativ
4.3.1.4	Corp de iluminat - CIL	Aparat ce servește la distribuția, filtrarea sau transmisia luminii produse de la una sau mai multe surse de lumină către exterior, cuprinzând toate piesele necesare pentru fixarea și protejarea surselor, precum și circuitele auxiliare împreună cu dispozitivele de conectare la circuitul de alimentare.
4.3.1.5	Detector fotoelectric	Detector de radiații optice care se bazează pe interacțiunea dintre radiații și materia rezultată în urma absorbției fotonilor, urmată de eliberare de electroni, producând, o tensiune electrică și respectiv curentul electric corespunzător.
4.3.1.6	Distribuție simetrică a intensității luminoase	Distribuția intensității luminoase având o axă de simetrie sau cel puțin un plan de simetrie
4.3.1.7	Durata totală de funcționare (a unei lămpi)	Durata totală de funcționare a unei lămpi înainte de a fi scoasă din uz sau considerată necorespunzând caracteristicilor specificate inițial. Durata de funcționare (de viață) a unei lămpi se exprimă uzual în ore.
4.3.1.8	Ecran (de protecție vizuală)	Structură utilizată pentru a masca vederea directă a lămpilor și suprafețelor de luminanță ridicată
4.3.1.9	Factor de menținere	Raportul dintre iluminarea medie pe planul util după o anumită durată de utilizare a unui sistem de iluminat și iluminarea medie obținută în aceleași condiții pentru sistemul considerat convențional ca nou.
4.3.1.10	Factor de depreciere	Inversul factorului de menținere
4.3.1.11	Factor de menținere a fluxului luminos (al unei lămpi)	Raportul dintre fluxul luminos al unei lămpi la un moment dat al vieții sale și fluxul luminos inițial, lampa funcționând în condițiile specificate (inițial). Acest raport se exprimă uzual în procente
4.3.1.12	Factor de lumină de zi	Raportul dintre iluminarea într-un punct al unui plan dat, datorită luminii incidente directe sau indirecte a cerului, pentru care repartitia luminanțelor este presupusă sau cunoscută, și iluminarea pe un plan orizontal când lumina provine de la de la semisfera cerului fără obturări. La această mărime este exclusă contribuția solară directă la cele două valori ale iluminărilor considerate
4.3.1.13	Factor de uniformitate a iluminării (pe o suprafață dată)	Raportul dintre iluminarea minimă și iluminarea medie pe o suprafață dată (coeficientul C1). Se utilizează, de asemenea, și raportul dintre iluminarea minimă și maximă a unei suprafețe (coeficientul C2)

4.3.1.14	Flux direct (pe o suprafață)	Flux luminos incident pe o suprafață primit direct de la sistemul de iluminat
4.3.1.15	Flux indirect (pe o suprafață)	Flux luminos incident pe o suprafață după reflexia sa de către alte suprafețe.
4.3.1.16	Flux inferior	Flux cumulat al sursei de lumină pentru unghiul solid de 2π steradiani emis sub planul orizontal care trece prin centrul sursei
4.3.1.17	Flux superior	Flux cumulat al sursei de lumină pentru unghiul solid de 2π steradiani emis deasupra planului orizontal care trece prin centrul sursei
4.3.1.18	Iluminat cu scafă	Sistem de iluminat realizat într-o scafă arhitecturală repartizând lumina de la lămpile mascate în sus, către plafon și pereți verticali
4.3.1.19	Iluminat direct	Iluminatul în care corpurile de iluminat prezintă o distribuție a intensității luminoase astfel încât partea de flux luminos emis către planul util să fie între 90-100% din fluxul emis
4.3.1.20	Iluminat indirect	Iluminatul în care corpurile de iluminat prezintă o distribuție a intensității luminoase astfel încât partea de flux luminos emis către planul util să fie între 0-10% din fluxul emis
4.3.1.21	Iluminat semi-direct	Iluminatul în care corpurile de iluminat prezintă o distribuție a intensității luminoase astfel încât partea de flux luminos emis către planul util să fie între 60-90% din fluxul emis
4.3.1.22	Iluminat semi-indirect	Iluminatul în care corpurile de iluminat prezintă o distribuție a intensității luminoase astfel încât partea de flux luminos emis către planul util să fie între 10-40% din fluxul emis
4.3.1.23	Iluminat direct-indirect	Iluminatul în care corpurile de iluminat prezintă o distribuție a intensității luminoase astfel încât partea de flux luminos emis către planul util să fie între 40-60% din fluxul emis
4.3.1.24	Iluminat general	Iluminatul de ansamblu al unui spațiu fără a ține seama de necesitățile particulare în anumite locuri determinate
4.3.1.25	Indice de redare a culorilor, Ra	Mărime prin care se evaluează gradul de concordanță dintre culoarea psihofizică a unui obiect iluminat de un iluminant de testare și culoarea psihofizică a aceluiași obiect iluminat de un iluminant de referință
4.3.1.26	Înălțime de suspendare a corpului de iluminat	Distanța dintre plafon și centrul luminos al corpului de iluminat
4.3.1.27	Mediu/Ambient luminos	Iluminatul considerat în conexiune cu aspectele sale fiziologice și psihologice (asupra omului)
4.3.1.28	Mediu interior luminos	Ambient luminos interior realizat prin alegerea corespunzătoare a componentelor cantitative și calitative ce concură la obținerea unui sistem de iluminat adecvat care să asigure confortul vizual, funcționalitatea și estetica spațiului interior în care se desfășoară o activitate umană.
4.3.1.29	Orbire	Efect asupra vederii în care se resimte o jenă (mai mare sau mai mică) sau o reducere a capacității de a distinge detalii sau obiecte ca urmare a unei distribuții necorespunzătoare a luminanțelor sau a unor contraste excesive

4.3.1.30	Orbire fiziologică (de incapacitate)	Orbire care tulbură vederea obiectelor, fără a provoca o senzație dezagreabilă. Această orbire se manifestă în general direct prin efectul său fiziologic, asupra sistemului vizual.
4.3.1.31	Orbire psihologică (de inconfort)	Orbire care produce o senzație dezagreabilă de inconfort) fără a degrada în mod obligatoriu vederea normală a obiectelor
4.3.1.32	Plan de lucru (util)	Planul de referință definit ca un plan pe care se efectuează în mod normal procesul de muncă intelectuală sau fizică
4.3.1.33	Redare a culorilor	Efectul unui iluminant asupra aspectului cromatic al obiectelor pe care le iluminează, aspectul respectiv fiind comparat cu aspectul cromatic al acelorași obiecte iluminate de un iluminat de referință
4.3.1.34	Sistem de iluminat interior	Ansamblu alcătuit din corpuri de iluminat echipate cu surse de lumină adecvate, amplasate într-o dispunere logică în cadrul unui spațiu interior , în scopul realizării unui mediu luminos confortabil, funcțional și estetic, care să asigure desfășurarea activității umane în condiții optime de confort vizual.

4.3.2 Simboluri, terminologie, notații:

4.3.2.1 Fluxul luminos, Φ_v – Mărime derivată din fluxul energetic prin evaluarea radiației după acțiunea sa asupra observatorului fotometric de referință CIE.

Unitate de măsură: lumenul, $[lm]$

4.3.2.2 Iluminarea, E - Raportul dintre fluxul luminos $d\Phi$ incident pe un element de suprafață care conține punctul considerat și aria dA a acestui element de suprafață.

Unitate de măsură: luxul, $[lx]$

4.3.2.3 Intensitatea luminoasă (a unei surse, într-o direcție dată), I_v – Raportul dintre fluxul luminos $d\Phi_v$ emis de sursă în unghiul solid $d\Omega$ pe direcția dată și acest unghi solid elementar;

Unitate de măsură: candela, cd

4.3.2.4 Luminanța, L – Mărime definită de relația $L = \frac{dI_\theta}{dA \cdot \cos \theta}$ în care dI_θ este intensitatea luminoasă emisă de suprafața elementară dA către ochiul observatorului sau către un alt punct de interes.

Unitate de măsură: $\left[\frac{cd}{m^2} \right]$.

4.3.2.5 Puterea nominală a unei surse de lumină, P_c - Reprezintă valoarea puterii declarate de fabricant pentru o sursă de lumină care funcționează în condițiile specificate. Puterea nominală este uzual marcată pe sursa de lumină;

Unitate de măsură: wattul, $[W]$.

4.3.2.6 Puterea electrică a corpului de iluminat P_i - este reprezentată de puterea consumată de sursele de lumină care echipează corpul de iluminat, balast (balasturi) și alte aparate electrice necesare funcționării acestora, măsurată în situația funcționării normale sau în cazul emisiei unui flux luminos maxim, atunci când corpurile de iluminat pot fi acționate prin intermediul unui variator de tensiune.
Unitatea de măsură $[W]$.

4.3.2.7 Puterea parazitară P_{pi} este puterea nominală a corpului de iluminat măsurată când acesta este în „stand-by”. Pentru corpurile de iluminat cu detector de prezență, puterea parazitară este puterea absorbită de detector, iar pentru cele din iluminatul de siguranță puterea parazitară este puterea necesară pentru a încărca bateriile.
Unitatea de măsură $[W]$.

4.3.2.8 Puterea instalată a unui sistem de iluminat dintr-o zonă delimitată sau încăpere, P_n - care deservește o încăpere reprezintă suma puterilor nominale ale tuturor surselor de lumină montate în corpurile de iluminat aferente sistemului de iluminat la care se cumulează puterea totală a aparaturii auxiliare.
Relația de calcul este: $P_n = N[n(P_c + P_a)]$ unde:
 N - numărul de corpuri de iluminat;
 n - numărul de surse de lumină montate în corpul de iluminat;
 P_c - puterea nominală a unei surse de lumină;
 P_a - putere aparat auxiliar;
Unitate de măsură: wattul, $[W]$.

4.3.2.9 Puterea specifică a unui sistem de iluminat, p_s - reprezintă raportul dintre puterea instalată a acestuia și suprafață totală a încăperii iluminate;
Relația de calcul este: $p_s = \frac{P_n}{A}$
Unitate de măsură: $\left[\frac{W}{m^2} \right]$.

4.3.2.10 Timp de funcționare t_o - numărul. de ore de funcționare a corpului de iluminat. Acest număr depinde de destinația clădirii și de programul de lucru.

Unitate de măsură: $[h]$.

4.3.2.11 Timp standard anual t_y - durata unui an standard - 8760 h

4.3.2.12 Timp efectiv de utilizare - t_n

Timpul de utilizare a sistemului de iluminat

Unitate de măsură: $[h]$.

4.3.2.13 Timpul operațional al puterii parazitare, t_p este timpul de utilizare efectivă a puterii parazitare

Unitate de măsură: $[h]$.

4.3.2.14 Aria totală a pardoselii folosite a clădirii, A - cuprinsă între pereții exteriori excluzând spațiile nefolosite și spațiile neiluminate

Unitate de măsură: $[m^2]$

4.3.2.15 Factor de dependență de lumina de zi, F_D - exprimă gradul de utilizare a puterii sistemului de iluminat dintr-o încăpere în funcție de cantitatea de lumină naturală admisă în încăpere.

4.3.2.16 Factor de dependență de durata de utilizare F_o

Exprimă gradul de utilizare al puterii instalate a sistemului de iluminat luând în considerare durata de utilizare a sistemului de iluminat aferent unei încăperi sau unei zone.

4.3.2.17 Indicatorul numeric al iluminatului, LENI - reprezintă raportul dintre energia electrică consumată de sistemele de iluminat aferente unei clădiri în scopul creării mediului luminos confortabil necesar desfășurării activității în clădire și aria totală a pardoselii folosite a clădirii, A .

Indicatorul LENI poate fi utilizat pentru a compara consumul de energie electrică pentru două sau mai multe clădiri cu aceeași destinație, de dimensiuni și configurații diferite.

Indicatorul LENI se stabilește din relația:

$$\text{LENI} = \frac{W_{\text{ilum}}}{A} \quad [kWh / m^2 / an]$$

unde: W_{ilum} reprezintă energia electrică consumată de sistemele de iluminat din clădire.

4.3.2.18 Flux luminos nominal (al unui tip de sursă de lumină) – reprezintă fluxul luminos inițial declarat de fabricant, lampa funcționând în condițiile specificate de fabricant. Fluxul luminos nominal este uneori marcat pe lampă.

Unitate de măsură: lumenul, $[lm]$.

4.3.2.19 Eficacitatea luminoasă a unei surse de lumină, e – Raportul dintre fluxul luminos nominal Φ_v emis de o sursă de lumină și puterea nominală P_c - consumată de aceasta, fără să se ia în considerație puterea consumată de aparatajul auxiliar.

$$e = \frac{\Phi_v}{P_c}$$

Unitate de măsură: $\left[\frac{lm}{W} \right]$

4.3.2.20 Eficacitatea luminoasă globală a unei surse de lumină, e_g – Raportul dintre fluxul luminos nominal Φ_v emis de o sursă de lumină și puterea nominală P_c - consumată de aceasta la care se cumulează puterea consumată de aparatajul auxiliar (balast)

$$e = \frac{\Phi_v}{P_c + P_a};$$

Unitate de măsură: $\left[\frac{lm}{W} \right]$

4.3.2.21 Randament optic al unui corp de iluminat, η – Raportul dintre fluxul total emis de corpul de iluminat, măsurat în condițiile specificate de fabricant și suma fluxurilor individuale ale surselor de lumină, componente considerate în funcțiune în interiorul acestuia.

4.3.2.22 Unghi de ecranare, γ - unghiul dintre axa de referință a corpului de iluminat și linia vederii (cea mai dezavantajoasă) de la care sursele de lumină și suprafețele luminoase ale corpului de iluminat nu mai sunt vizibile;

4.4 Calculul energiei electrice anuale utilizată pentru iluminat

Determinarea consumului de energie electrică utilizată se poate face în două moduri: prin calcul și prin măsurări directe.

Metodele de calcul pentru estimarea energiei electrice necesare se vor aplica următoarelor tipuri de clădiri:

- birouri;
- clădiri de învățământ;
- spitale;
- hoteluri și restaurante;
- săli de sport;
- clădiri pentru servicii de comerț;
- alte tipuri de clădiri consumatoare de energie electrică.

Pentru clădirile de locuit, nu este necesar calculul consumului de energie electrică, acesta fiind greu de estimat din cauza unei utilizări aleatorii a sistemului de iluminat, greu de controlat, care rămâne la latitudinea beneficiarului. Auditorul va face însă recomandări privind creșterea eficienței energetice a sistemelor de iluminat aferente locuințelor, în vederea reducerii consumului de energie electrică.

În cazul clădirilor mai sus menționate puterea electrică absorbită din rețeaua electrică poate fi considerată, din punct de vedere al performanței energetice, ca fiind: puterea nominală a corpului de iluminat P_i și puterea parazitară P_p .

Puterea nominală a corpului de iluminat este formată din puterea nominală a sursei (surselor de lumină), puterea nominală a balastului (balasturilor) montate în circuitul de alimentare, puterea nominală a altor receptoare consumatoare de energie electrică, măsurate

în cazul funcționării la parametri nominali a corpului de iluminat sau în cazul emisiei unui flux luminos maxim atunci când se poate varia fluxul luminos emis de sursele de lumină.

Puterea parazitară este puterea absorbită de întregul sistem (corp de iluminat + aparate necesare funcționării) și trebuie măsurată când corpul de iluminat este în stand-by. Pentru corpurile cu senzor de prezență aceasta poate fi puterea nominală a detectorului de prezență, iar în cazul iluminării de siguranță puterea necesară pentru a încărca bateriile.

Calculul energiei electrice necesare realizării unui iluminat adecvat destinației clădirii se face cu ajutorul a două metode de calcul, prezentate în continuare.

4.4.1 Metoda complexă

Pentru calculul cu acuratețe a estimărilor consumului de energie electrică pentru iluminat se folosește relația:

$$W_{ilum} = \frac{[\sum (P_p \cdot t_p) + \sum P_n [(t_D \cdot F_D \cdot F_O) + (t_N \cdot F_O)]]}{1000} \text{ kWh/an} \quad (4.15)$$

unde: P_p - puterea parazitară, $[W]$;

t_p - timpul operațional al puterii parazitare;

P_n - puterea instalată a unui sistem de iluminat;

t_D - timpul de utilizare al luminii de zi în funcție de tipul clădirii;

t_N - timpul în care nu este utilizată lumina naturală;

F_O - factorul de dependență de durata de utilizare;

F_D - factorul de dependență de lumina de zi.

Determinarea factorilor t_D și t_N care intervin în relația de calcul complexă se va face prin stabilirea riguroasă a timpului de utilizare a luminii naturale sau a timpului în care lumina naturală nu este utilizată pentru completarea iluminatului general al spațiilor aferente clădirii, în funcție de condițiile existente și de anotimp. De asemenea, se determină cu precizie timpul de operare a puterii parazitare, luându-se în considerație situația existentă (de exemplu: regimul de funcționare a corpului de iluminat de siguranță etc.).

Factorii F_O și F_D vor fi apreciați cu ajutorul tabelelor 2 și 3 din Anexa II.4.B1)

4.4.2 Metoda simplificată

Prima metodă este o metodă rapidă de calcul și constă în aplicarea următoarei relații de calcul:

$$W_{ilum} = 6A + \frac{t_u \sum P_n}{1000} \text{ [kWh/an]} \quad (4.14)$$

unde:

$$t_u = (t_D \cdot F_D \cdot F_O) + (t_N \cdot F_O)$$

P_n - puterea instalată;

t_D - timpul de utilizare al luminii de zi în funcție de tipul clădirii (tabel 1, Anexa II.4.B1)

t_N - timpul în care nu este utilizată lumina naturală (tabel 2, Anexa II.4.B1)

F_D - factorul de dependență de lumina de zi (tabel 2 Anexa II.4.B1) care depinde de sistemul de control al iluminatului din clădire și de tipul de clădire.

F_O - factorul de dependență de durata de utilizare (tabel 3 Anexa II.4.B1)

A - aria totală a pardoselii folosite din clădire $[m^2]$.

Numărul 6 din relația de calcul reprezintă $1kWh/m^2/an$ (consumul de energie estimat pentru încărcarea bateriilor corpurilor de iluminat de siguranță) la care se adaugă $5kWh/m^2/an$ (consumul de energie electrică pentru sistemul de control al iluminatului).

NOTĂ:

Aprecieră corectă a performanței energetice și încadrarea clădirii într-o clasă de consum energetic se face numai în condițiile în care sistemele de iluminat din clădire realizează gradul de confort vizual minim impus prin reglementările tehnice în vigoare. În cazul în care confortul vizual nu este realizat, încadrarea energetică a clădirii într-una din clase nu este relevantă și se impun măsuri de reabilitare a sistemelor de iluminat.

Realizarea confortului vizual în încăperile aferente clădirilor la care se face referire în prezentul document este impusă prin normativ, fiind obligatorie.

4.5 EVALUAREA CANTITATIVĂ ȘI CALITATIVĂ A SISTEMELOR DE ILUMINAT INTERIOR. APRECIEREA CONFORTULUI VIZUAL

Evaluarea performanței energetice a unei clădiri se va face în condițiile în care sistemele de iluminat interior au fost dimensionate corect, prin metode de calcul agreeate, care să permită o dimensionare corectă atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ, în vederea realizării mediului luminos corespunzător desfășurării activității.

În acest scop, în literatura de specialitate sunt agreeate și utilizate o serie de metode de calcul privind predimensionarea și dimensionarea sistemelor de iluminat interior.

Sistemele de iluminat interior se dimensionează considerându-se ca mărime de bază iluminarea.

4.5.1 Evaluarea cantitativa a sistemelor de iluminat interior. Metode de calcul al iluminării

Metodele de calcul utilizate pentru dimensionarea SIL interior în funcție de iluminare pot fi metode globale și metode punctuale.

4.5.1.1 Metoda de calcul global

Metodele globale au la bază fenomenul reflexiei multiple, utilizarea lor fiind rapidă și eficientă. Metodele globale oferă fie posibilitatea dimensionării sistemului în funcție de valoarea medie normată a iluminării impusă de normativ fie posibilitatea evaluării iluminării medii pentru un sistem considerat.

Metoda reflexiilor multiple permite calculul componentei medii reflectate a iluminării E_{mr} produsă de un sistem de iluminat pe suprafața planului util, luând în considerație factorii de reflexie ai suprafețelor existente în încăpere: pereți, tavan, mobilier etc.

Iluminarea medie directă, E_{md} , se obține prin aplicarea metodelor de calcul punctuale. Prin însumarea celor două componente (a se vedea metoda mixtă) se obține iluminarea medie a planului util care trebuie să corespundă reglementărilor în vigoare.

$$E_{md} + E_{mr} = E_m \quad (4.1)$$

E_{md} - iluminarea medie directă pe suprafața planului util;

E_{mr} - iluminarea medie reflectată pe suprafața planului util;

E_m - iluminarea medie pe suprafața planului util.

A. Metoda reflexiilor multiple

Iluminarea medie reflectată se calculează cu relația:

$$E_{mr} = M_F \frac{\gamma \cdot \rho_m \cdot \phi}{S_d [1 - (1 - \gamma) \rho_m]} \quad (4.2)$$

unde:

M_F - factor de menținere;

$$\gamma = \frac{S_d}{S_t + S_p} \quad (4.3)$$

S_d - aria plan util; [m²]

S_t - aria plafon; [m²]

S_p - aria perete. [m²]

$$\rho_m = \frac{\rho_t \cdot S_t + \rho_p \cdot S_p}{S_t + S_p} \text{ - factor de reflexie mediu} \quad (4.4)$$

ρ_t - factor de reflexie plafon; [%]

ρ_p - factor de reflexie perete; [%]

ϕ - fluxul luminos emis de corpurile de iluminat care cade direct pe

suprafețele reflectante ale pereților și plafoanelor.

$$\phi = \xi \cdot \phi_c \quad (4.5)$$

unde:

ϕ_c - fluxul luminos emis de corpurile de iluminat ce formează sistemul de iluminat;

$$\phi_c = N \cdot \eta \cdot n \cdot \phi_e \quad (4.6)$$

N - număr corpuri de iluminat;

η - randamentul corpului de iluminat;

n - număr lămpi care echipează un corp de iluminat;

ϕ_e - fluxul luminos emis de o lampă

$$\xi = 1 - \frac{E_{md} \cdot S_d}{\phi_c} \quad (4.7)$$

E_{md} - iluminarea medie directă pe suprafața planului util calculată ca media aritmetică a iluminărilor punctuale.

B. Metoda factorului de utilizare

Metoda factorului de utilizare este o metodă globală, utilizată pentru predimensionarea sistemelor de iluminat.

Metoda este rapidă, eficientă, ușor de aplicat.

Aplicarea acestei metode conduce la determinarea fluxului luminos necesar realizării nivelului de iluminare impus prin normativ.

$$\phi_{nec} = \frac{E_m \cdot S}{u \cdot M_F} \quad (4.8)$$

E_m - iluminare medie impusă prin normativ;

S - suprafața planului util;

u - factor de utilizare ;

M_F - factor de menținere.

Cunoscând fluxul necesar ϕ_{nec} și fluxul unei surse care echipează corpul de iluminat se calculează numărul de surse necesar pentru realizarea nivelului de iluminare impus prin normativ.

$$n = \frac{\phi_{nec}}{\phi_e} \quad (4.9)$$

Metoda se aplică, în general, pentru un sistem de iluminat cu distribuție simetrică. În acest caz, precizia calculului este suficient de mare.

4.5.1.2 Metoda de calcul punctuală

Utilizarea metodelor de calcul punctuale permite determinarea iluminării medii directe pe suprafața planului util al încăperii.

Iluminarea medie directă E_{md} pe planul util se calculează ca fiind media aritmetică a iluminărilor directe punctuale.

$$E_{md} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^i E_{di} \quad (4.10)$$

Pentru aplicarea metodei de calcul punctuale, suprafața planului util se împarte într-o rețea de pătrate, punctele de calcul fiind considerate în centrele pătratelor.

Cu cât numărul punctelor de calcul este mai mare cu atât calculul este mai precis.

Pentru un calcul cu o eroare sub 5% se recomandă ca numărul de puncte să fie între 250.... 1000.

Relațiile de calcul al iluminării directe punctuale E_{di} sunt specifice fiecărui tip de sursă: punctuală, liniară sau de suprafață.

4.5.1.3 Metoda mixtă presupune utilizarea metodei reflexiilor multiple și a metodei de calcul punctuale pentru determinarea iluminării medii pe suprafața planului de lucru (planului util).

Metoda mixtă este cea mai exactă și completă dintre metodele de calcul utilizate. Aplicarea acesteia permite verificarea cantitativă a sistemului de iluminat ceea ce presupune determinarea iluminării medii pe suprafața de lucru (relația 4.1);

Iluminarea medie E_m se compară cu valoarea iluminării medii impuse de normativ, necesare realizării confortului luminos pentru tipul de activitate desfășurată în încăperea respectivă.

Această metodă permite aprecierea uniformității iluminării pe planul de lucru (planul util) prin determinarea coeficientului de uniformitate generală:

$$C_1 = \frac{E_{\min}}{E_m} \quad (4.11)$$

unde:

$$E_m = E_{mr} + E_{md}$$

$$E_{\min} = E_{mr} + E_{d \min}$$

E_{md} - Iluminarea medie directă de pe planul util calculată ca medie aritmetică a iluminărilor punctuale;

$E_{\min}$ - Iluminarea punctuală minimă de pe planul util;

$E_{d \min}$ - Iluminarea punctuală minimă directă de pe planul util calculată prin metode punctuale;

Metoda mixtă permite, de asemenea, aprecierea uniformității iluminării pe masa de lucru efectiv (zona sarcinii vizuale situată în planul util) prin determinarea coeficientului de uniformitate C_2 :

$$C_2 = \frac{E'_{\min}}{E'_{\max}} \quad (4.12)$$

unde:

$$E'_{\min} = E_{mr} + E'_{d\min}$$

$$E'_{\max} = E_{mr} + E'_{d\max}$$

$E'_{\min}$ - Iluminarea punctuală minimă de pe planul de lucru efectiv (zona sarcinii vizuale);

$E'_{\max}$ - Iluminarea punctuală maximă de pe planul de lucru efectiv (zona sarcinii vizuale);

$E'_{d\min}$ - Iluminarea punctuală minimă directă de pe planul de lucru efectiv (zona sarcinii vizuale);

$E'_{d\max}$ - Iluminarea punctuală maximă directă de pe planul de lucru efectiv (zona sarcinii vizuale);

Acești coeficienți se compară cu valoarea limită admisă de normativul în vigoare, valoare precizată în funcție de destinația încăperii.

Metoda factorului de utilizare și metoda mixtă stau la baza programelor de calcul specializate pentru predimensionarea și dimensionarea sistemelor de iluminat interior. Metoda factorului de utilizare este folosită pentru predimensionare, iar metoda mixtă pentru o stabilirea soluției optime a sistemului de iluminat, pornind de la nivelul de iluminare impus prin normativul în vigoare, normativ adaptat la cerințele normelor europene.

4.5.1.4 Calculul puterii specifice necesare realizării nivelului de iluminare impus prin normativ

Valorile puterilor specifice pot varia pentru aceeași încăpere luând în considerație înălțimea acesteia. Pentru calculul acestora, s-a considerat o înălțime a încăperii cuprinsă între 2,4m și 4 m în cazul încăperilor cu sarcină vizuală de dimensiuni reduse (activitate intelectuală, muncă de laborator etc..) și între 3m și 5m pentru încăperile în care sarcina vizuală are, în general, dimensiuni mari (spații tehnice). Pentru încăperi cu înălțimi cuprinse între valorile limită considerate, valorile puterilor specifice se vor determina prin interpolare. În cazul încăperilor care necesită un nivel mare de iluminare pe masa de lucru efectiv, s-a efectuat calculul puterii specifice pentru un iluminat general care realizează un nivel de iluminare de 300lx sau 500lx pe planul util. Puterea specifică necesară pentru realizarea unui iluminat local (atunci când $E \geq 750lx$) se va lua în considerație separat, în funcție de modul de organizare al posturilor de lucru. Încăperi cu înălțimi mai mari de 5m (ex: hangare de testări și reparații avioane), reprezintă situații particulare, care se vor trata cu atenție, în funcție de condițiile concrete întâlnite, alegând soluții de iluminat eficiente din punct de vedere energetic.

În **Anexa II.4.A1** sunt prezentate valorile puterilor specifice în funcție de destinația încăperii, nivel de iluminare impus de reglementările tehnice în vigoare și înălțimea încăperii.

Pentru calcul s-au folosit corpuri de iluminat adecvate activității tipului de încăpere și mediului din încăpere.

4.5.2 EVALUAREA CALITATIVA A SISTEMELOR DE ILUMINAT INTERIOR. METODE DE EVALUARE

O soluție adecvată a sistemelor de iluminat din punct de vedere a confortului vizual se adoptă numai atunci când sistemul de iluminat este corect dimensionat atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ.

Distribuția spațială a luminanțelor constituie un criteriu important în evaluarea calitativă a confortului luminos. Prezența în câmpul vizual al omului a numeroase luminanțe, foarte diferite ca valoare și adaptarea permanentă a acestuia la niveluri diferite de luminanță conduce la apariția orbirii de inconfort (orbire psihologică).

Orbirea de inconfort are efecte nedorite asupra omului, efecte ce se manifestă în timp. De aceea, pentru crearea unui ambient luminos confortabil, este esențial ca acest fenomen să fie controlat.

Confortul vizual generat de sistemul de iluminat este apreciat din punct de vedere calitativ prin două metode agreate și menționate în normativul în vigoare:

- **metoda UGR (Sistemul unificat al CIE de evaluare);**
- **metoda curbelor de luminanță limită.**

4.6 RECOMANDĂRI PRIVIND REALIZAREA CONFORTULUI VIZUAL ÎN CONDIȚII DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ A SISTEMELOR DE ILUMINAT

Mediul luminos confortabil este determinat de o serie de factori cantitativi și calitativi care caracterizează un sistem de iluminat artificial interior conducând la asigurarea confortului vizual, funcționalității și esteticii încăperii în care se desfășoară activitatea umană.

Dimensionarea și proiectarea corespunzătoare a sistemelor de iluminat artificial în vederea asigurării confortului vizual prin respectarea factorilor cantitativi și calitativi impuși de normativul în vigoare, precum și a implementării unor soluții performante din punct de vedere energetic se fac luând în considerare următoarele aspecte:

- alegerea adecvată a echipamentelor electrice din punct de vedere funcțional;

- alegerea judicioasă a echipamentelor electrice utilizate, astfel încât instalația de iluminat să prezinte un grad ridicat al eficienței energetice;
- alegerea adecvată a tipului de sistem de iluminat din punct de vedere al distribuției fluxului luminos în spațiu;
- utilizare metode de calcul precise pentru stabilirea soluției luminotehnice;
- utilizarea programelor de calcul specializate pentru o dimensionare corectă a soluțiilor de iluminat în vederea evitării supradimensionării sau subdimensionării sistemelor de iluminat artificial;

. 4.6.1 Alegerea echipamentelor electrice din punct de vedere funcțional

4.6.1.1 Alegerea sursei de lumină

Sursa de lumină sau lampa electrică realizează conversia energiei electrice în energie luminoasă.

Pentru realizarea unui mediu luminos adecvat se recomandă ca, în alegerea sursei de lumină să se ia în considerație parametrii luminotehnici ai surselor de lumină:

- culoarea aparentă;
- temperatura de culoare;
- redarea culorii caracterizată prin indicii de redare a culorilor, R_a ;
- durata de funcționare;
- durata de punere în funcțiune;
- geometrie și dimensiuni CIL.

Alegerea parametrilor enumerați anterior se face de către specialistul în tehnica iluminatului în funcție de destinația încăperii, activitatea desfășurată, în consecință, de condițiile minime de confort pe care trebuie să le asigure sistemul de iluminat.

4.6.1.2 Alegerea corpului de iluminat

Din punct de vedere funcțional, tipul corpului de iluminat se alege în funcție de o serie de criterii:

- activitatea desfășurată în încăperea respectivă;
- estetică;
- unghiul minim de protecție vizuală;
- luminanță;
- modul de distribuție al fluxului luminos (direct, semi-direct, direct-indirect, semi-indirect, indirect).
- tipul suprafeței pe care va fi montat;
- grad de protecție la agenții de mediu;
- grad de protecție la electrocutare.

4.6.1.3 Alegerea aparatajului auxiliar

Aparatajul auxiliar necesar funcționării adecvate a surselor de lumină este reprezentat de balast și condensator.

Balastul trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să asigure stabilizarea descărcării, să prezinte un factor de putere ridicat, să introducă un procentaj redus de armonici, să fie echipat cu sisteme de atenuare a paraziților radio sau TV, să prezinte o funcționare silențioasă o perioadă cât mai lungă de timp, atenuarea fenomenului de pâlpâire.

Din punct de vedere funcțional, aceste echipamente electrice trebuie să prezinte compatibilitate electrică, astfel încât funcționarea surselor de lumină să se facă la parametri nominali.

În general, corpurile de iluminat sunt distribuite de către furnizorii de echipamente, complet echipate.

4.6.2 Alegerea echipamentelor electrice din punct de vedere al performanței energetice

4.6.2.1 Alegerea sursei de lumină

În funcție de natura producerii radiațiilor luminoase, sursele de lumină pot fi: surse cu radiații produse pe cale termică (surse cu incandescență) sau surse cu radiații produse prin agitație moleculară (surse cu descărcări) .

Din punct de vedere al eficienței luminoase, sursele cu descărcări folosite în interiorul clădirilor sunt net superioare celor cu incandescență, eficacitatea luminoasă a acestora fiind de cca 3...6 ori mai mare. Deci, se recomandă utilizarea cu preponderență a surselor cu descărcări, cu condiția realizării condițiilor de confort vizual impuse de normativ. Utilizarea surselor cu incandescență este permisă numai în cazuri speciale (ex: lăcașe de cult, foaierele teatrelor, localuri de lux etc.), acolo unde condițiile de confort (redare excelentă a culorilor, culoarea aparentă caldă etc.) impun această soluție neeconomică atât din punct de vedere al consumului de energie cât și din punct de vedere al costurilor de întreținere.

4.6.2.2 Alegerea corpului de iluminat

Din punct de vedere al performanței energetice, alegerea corpului de iluminat se va face în funcție de randamentul optic al acestuia, η . Randamentul optic al corpurilor de iluminat variază în funcție de tipul corpului de iluminat și de firma producătoare, acesta având o gamă de valori cuprinsă între 0.28 și 0.98. Alegerea unor corpuri de iluminat cu randament necorespunzător duce la reducerea eficienței energetice a sistemului de iluminat.

În consecință, se va opta cu preponderență pentru corpuri de iluminat cu randament optic mare, în condițiile în care calitatea mediului luminos a unei încăperi (oricare ar fi destinația acesteia) este cea indicată prin normativul în vigoare.

4.6.2.3 Alegerea aparatajului auxiliar

Balasturile utilizate în circuitul de alimentare ale surselor de lumină pot fi: balasturi electromagnetice și balasturile electronice.

Din punct de vedere al eficienței energetice, balasturile electronice au un consum energetic redus, utilizarea acestora conducând la o importantă reducere a consumului global

de energie electrică (pentru întreaga clădire) și, de asemenea, la o serie de avantaje din punct de vedere funcțional, cum ar fi: creșterea eficacității luminoase a lămpilor fluorescente, creșterea duratei de funcționare a acestor surse, posibilitatea varierii fluxului luminos în funcție de necesitățile utilizatorului.

Balasturile electromagnetice pot fi utilizate, dar numai cele performante, în vederea gestionării judicioase a energiei electrice.

4.6.3 SISTEME DE ILUMINAT ARTIFICIAL

Sistemele de iluminat interior trebuie, prin mod de concepție și realizare, să asigure mediul luminos funcțional, confortabil și estetic, în funcție de activitatea desfășurată în încăpere, luând în considerare criteriile de realizare a performanței energetice.

Sistemele de iluminat interior pot fi clasificate din punct de vedere funcțional, astfel:

- **sisteme de iluminat normal** – care asigură desfășurarea activității umane în condiții optime de confort vizual, în cazul în care iluminatul natural nu este satisfăcător sau lipsește.
- **sisteme de iluminat de siguranță** care trebuie să asigure condiții optime pentru evacuarea persoanelor din clădire în caz de urgență, continuarea lucrului etc.

Sistemele de iluminat normale pot fi sisteme de iluminat principale care realizează iluminatul general al încăperii necesar desfășurării activității, completate sau nu cu sisteme de iluminat secundare cu rol în realizarea unor efecte luminoase decorative, de accent etc.

Sistemele de iluminat principale se realizează pentru orice incintă, cele secundare au un domeniu mai restrâns de aplicabilitate cum ar fi: expoziții, magazine, muzee etc.

4.6.3.1 Alegerea tipului de sistem de iluminat normal

Soluția sistemului de iluminat normal se stabilește luând în considerație situația de seara/noapte, atunci când componenta naturală lipsește, astfel încât aceasta să îndeplinească factorii cantitativi și calitativi ce caracterizează un sistem de iluminat.

Concepția unui sistem de iluminat interior se face astfel încât acesta să răspundă unor cerințe funcționale, estetice, economice și de performanță energetică.

Astfel, sistemul de iluminat trebuie să fie funcțional pentru a asigura desfășurarea activității umane și să se poată adapta la realizarea unor aspecte specifice variabile în timp și spațiu.

În plus, sistemul de iluminat interior normal trebuie să fie în armonie cu ambientul arhitectural (atât ca redare a volumelor interioare, elemente de construcție cu rol decorativ, mobilier etc.

Din punct de vedere al performanței energetice, sistemul de iluminat trebuie dimensionat astfel încât consumul de energie electrică să fie minim, în condițiile realizării unui mediu luminos adecvat activității umane desfășurate.

La alegerea sistemului de iluminat se au în vedere următoarele aspecte:

- sarcina vizuală specifică activității desfășurate în încăperea respectivă;
- clasa de calitate a sistemului de iluminat (A - foarte înaltă calitate, B - înaltă calitate, C - calitate medie, D - calitate scăzută, E - calitate foarte scăzută)
- nivelul de iluminare impus prin normativ;

- modul de distribuție a fluxului luminos (SIL direct, SIL semi-direct, SIL direct-indirect, SIL semi-indirect, SIL indirect);
- estetică.

4.6.3.2 Clasificarea sistemelor de iluminat normal

Sistemele de iluminat normal se clasifică după mai multe criterii:

- distribuția fluxului luminos în spațiu;
- distribuția iluminării (a fluxului luminos) în plan util;

4.6.3.2.1 Clasificarea sistemelor de iluminat după distribuția spațială a fluxului luminos

Clasificarea sistemelor de iluminat după distribuția spațială a fluxului luminos se face în funcție de raporturile dintre cele două fluxuri semisferice, flux inferior Φ_i , flux superior Φ_s și fluxul emis de corpul de iluminat Φ_c .

A. Sistemul de iluminat direct (SIL-D) se caracterizează prin proporție mare de flux luminos dirijat în emisfera inferioară ($\frac{\Phi_i}{\Phi_c} \geq 0.9$) și o proporție mică de flux emis în emisfera superioară ($\frac{\Phi_s}{\Phi_c} < 0.1$). Acest sistem de iluminat este cel mai eficient din punct de

vedere al utilizării fluxului luminos emis de corpurile de iluminat, deoarece acesta este dirijat direct către planul util. Datorită acestui fapt, sistemul de iluminat direct mai prezintă avantajul unei reliefări tridimensionale, deci o mai bună modelare spațială a sarcinilor vizuale.

Acest tip de sistem de iluminat se recomandă și este folosit, în general, în cazul clădirilor de tip industrial, acolo unde se impune o reliefare bună a sarcinii vizuale, depozite etc.

Eficiența energetică este mare în cazul realizării unui sistem de iluminat direct, dar confortul vizual scade, dacă nu se adoptă măsuri corespunzătoare pentru evitarea apariției orbirii de inconfort sau incapacitate, după caz.

Inconvenientul pe care-l prezintă acest tip de sistem de iluminat este acela că realizează o distribuție necorespunzătoare a luminanțelor în câmpul vizual al utilizatorului (plafonul rămâne slab iluminat, luminanța acestuia contrastând puternic cu luminanța mare a corpului de iluminat)

Dacă se adoptă măsurile necesare realizării unui mediu luminos calitativ, acest tip de sistem poate fi utilizat și pentru iluminatul unor încăperi cu activitate intelectuală cum ar fi: săli de clasă, birouri, săli de bibliotecă etc. Se recomandă în acest caz utilizarea pentru finisajul interior a unor vopsele care să asigure un factor de reflexie ridicat, astfel încât cantitatea de flux luminos reflectat de suprafețele pereților și care ajunge pe plafon să fie cât mai mare, pentru a reduce contrastul de luminanțe.

B. Sistemul de iluminat semi-direct (SIL-SD) se caracterizează printr-o distribuție mai echilibrată a luminanțelor în spațiu (crește proporția de flux luminos emis de corpurile de iluminat în emisfera superioară: $0.6 < \frac{\Phi_i}{\Phi_c} < 0.9$ și $0.1 < \frac{\Phi_s}{\Phi_c} < 0.4$).

Deoarece cantitatea de flux luminos emisă către plafon este mai mare, luminanța acestuia crește, ceea ce asigură o diferență mai mică între luminanța plafonului și cea a corpului de iluminat precum și a altor suprafețe ale încăperii, conducând la creșterea confortului luminos.

Acest tip de sistem de iluminat este recomandat în cazul încăperilor cu activitate intelectuală fiind o soluție echilibrată atât din punct de vedere al confortului luminos cât și din cel al eficienței energetice. Sistemul de iluminat semi-direct se recomandă și în cazul unor încăperi de tip industrial, acolo unde sarcina vizuală are dimensiuni mici, iar performanța vizuală este importantă, influențând în acest mod productivitatea muncii.

C. Sistemul de iluminat direct-indirect (SIL-DI) asigură o distribuție foarte bună a luminanțelor în spațiu datorită emisiei de flux luminos către emisfera superioară într-o proporție mai mare ($0.4 < \frac{\Phi_i}{\Phi_c} < 0.6$, $0.4 < \frac{\Phi_s}{\Phi_c} < 0.6$). Astfel, diferența între luminanțele suprafețelor existente în câmpul vizual al utilizatorului scade ceea ce asigură, din acest punct de vedere, un confort vizual foarte bun. Se recomandă o astfel de soluție în cazul încăperilor în care se impune un confort luminos deosebit, de exemplu: încăperi cu activitate intelectuală, încăperile destinate odihnei, divertismentului etc.

D. Sistemul de iluminat semi-indirect (SIL-SID) dirijează fluxul luminos într-o proporție semnificativă către emisfera superioară ($0.1 < \frac{\Phi_i}{\Phi_s} < 0.4$), $0.6 < \frac{\Phi_s}{\Phi_c} < 0.9$). Acest sistem de iluminat se utilizează, în general, în încăperi unde se impune un confort luminos deosebit. Din punct de vedere al consumului de energie electrică aceasta este o soluție dezavantajoasă, de aceea se recomandă adoptarea unei astfel de soluții numai în încăperi deosebite din punct de vedere al confortului ce trebuie asigurat.

E. Sistemul de iluminat indirect (SIL-ID)

Acest sistem de iluminat dirijează fluxul luminos către emisfera superioară în proporție foarte mare $\frac{\Phi_i}{\Phi_c} \leq 0.1$, $\frac{\Phi_s}{\Phi_c} \geq 0.9$. Fluxul luminos ajunge pe planul util prin reflexie. Lipsa suprafeței de luminanță mare a corpurilor de iluminat din câmpul vizual al utilizatorului conduce la diminuarea la minim a orbirii de inconfort, ceea ce presupune realizarea unui mediu luminos plăcut.

Din punct de vedere al consumului energetic acest tip de sistem de iluminat prezintă eficiența cea mai mică, de aceea, această soluție se recomandă numai în încăperile în care considerente de ordin estetic o impun, în încăperi deosebite din punct de vedere arhitectural (clădiri monument de arhitectură, muzee, hoteluri de lux etc.).

4.6.3.2.2 Clasificarea sistemelor de iluminat după distribuția în planul util a iluminării (respectiv a fluxului luminos)

Repartizarea uniformă a iluminării (sau a fluxului luminos) în planul util conduce la o distribuție echilibrată a luminanțelor în planul în care se desfășoară activitatea, ceea ce influențează în mod determinant confortul vizual.

Repartizarea neuniformă a luminanței în planul util are efecte negative asupra utilizatorului, manifestându-se în timp sub forma orbirii de inconfort.

Controlul acestui aspect cantitativ al sistemului de iluminat se face prin intermediul factorilor de uniformitate C1, C2.

A. Sistemul de iluminat general uniform distribuit se realizează printr-o amplasare simetrică a corpurilor de iluminat, după o regulă bine definită, conform căreia distanțele dintre primul șir de corpuri de iluminat și perete să fie jumătate din distanța dintre două șiruri de corpuri de iluminat. Acest sistem se recomandă ca o soluție adecvată și din punct de vedere energetic pentru încăperile având dimensiunile normale. Se poate adopta o astfel de soluție și în cazul încăperilor de dimensiuni mai mari cum ar fi sălile de sport, depozite, hale industriale în care se desfășoară același tip de activitate. În aceste cazuri, acolo unde există suprafețe vitrate puternic, se recomandă acționarea (automată sau manuală) sectorizată a corpurilor de iluminat (în șiruri paralele cu suprafețele vitrate), astfel încât să se realizeze un sistem integrat de iluminat artificial și natural, în care fluxul luminos provenit de la sistemul de iluminat artificial să completeze necesarul de flux luminos pentru încăperea respectivă.

Sistemul de iluminat general uniform distribuit nu se recomandă ca soluție în cazul încăperilor de tip industrial de dimensiuni mari, unde se desfășoară activități diverse, deoarece sistemul este inefficient din punct de vedere al eficienței energetice. În astfel de situații se recomandă alte tipuri de sisteme de iluminat.

B. Sistemul de iluminat general localizat sau zonat

Aceste sisteme de iluminat se caracterizează prin realizarea unor niveluri de iluminare diferite, conform normativ în vigoare, pe zone în care se desfășoară activități diferite (zone cu sarcini vizuale diferite ce necesită niveluri de iluminare diferite, zone de circulație, zone de depozitare). În acest mod se realizează o utilizare mai eficientă a fluxului luminos printr-o dirijare corespunzătoare și în cantitatea dorită către zona de interes. În cazul acestor încăperi de dimensiuni mari, de tip industrial, unde consumul de energie electrică pentru iluminatul artificial al spațiilor este important, se recomandă, ori de câte ori este posibil, adoptarea unor soluții de sisteme integrate de iluminat artificial și natural.

C. Sistemul de iluminat local face parte din sistemul de iluminat al încăperii care devine astfel un sistem de iluminat combinat ce asigură un iluminat general pentru planul util al încăperii completat de un iluminat local și are ca scop realizarea unui nivel mai mare al iluminării (corespunzător normativ) pe suprafețe restrânse de lucru, acolo unde se desfășoară efectiv activitatea utilizatorului. Performanța energetică a acestui sistem este bună, în condițiile în care mediul luminos este confortabil și corespunde factorilor cantitativi și calitativi caracteristici.

Un astfel de sistem de iluminat se utilizează atunci când nivelul de iluminare impus de normativ pentru o anumită activitate este foarte mare și un iluminat general care să realizeze acest nivel de iluminare ar fi inefficient din punct de vedere energetic.

4.6.3 SISTEMUL INTEGRAT DE ILUMINAT ARTIFICIAL ȘI NATURAL

Sistemele integrate de iluminat au ca scop realizarea mediului luminos confortabil în condițiile utilizării echilibrate a luminii naturale, iar din punct de vedere al confortului vizual și al performanței energetice reprezintă soluția cea mai indicată. Deși sistemul de iluminat al unei încăperi este conceput pentru situația de seară/noapte (iluminatul natural lipsește sau este insuficient), proiectantul sistemului de iluminat trebuie să conceapă sistemul de iluminat ca pe un sistem integrat prin implementarea unor soluții agreeate și de beneficiar. Creșterea performanței energetice a sistemelor integrate de iluminat se face prin implementarea unui tip de control, în funcție de care se poate face diferențierea acestora din punct de vedere al gestionării judicioase a energiei electrice.

4.6.3.1 Controlul sistemului de iluminat în funcție de timpul de utilizare al încăperii.

Acest tip de control se poate realiza prin:

- ***sisteme fără detectare automatizată a prezenței utilizatorilor în încăpere***

Acționarea corpurilor de iluminat se face prin intermediul:

- întreruptoarelor manuale,
- întreruptoarelor manuale, la care se adaugă stingerea automată la sfârșitul programului, pentru a se evita funcționarea sistemului de iluminat după terminarea programului. Stingerea automată se poate realiza prin intermediul unui ceas programator care să comande întreruperea alimentării cu energie electrică. Scoaterea corpurilor de sub tensiune se face etapizat, prin reducerea treptată a nivelului de iluminare. Sistemul este eficient și se realizează cu costuri suplimentare reduse.

- ***sisteme cu detectare automată a prezenței utilizatorilor în încăpere***

Acționarea corpurilor de iluminat se poate face, în acest caz, prin intermediul senzorilor care detectează prezența utilizatorilor în încăpere. Senzorul de prezență comandă punerea sub tensiune a corpurilor de iluminat în momentul în care sesizează prezența utilizatorilor în încăpere și apoi scoaterea de sub tensiune a acestora atunci când ultima persoană părăsește încăperea. Avantajul constă în faptul că utilizarea corpurilor de iluminat se face numai pe perioada utilizării încăperii, neexistând consumuri inutile de energie electrică. Implementarea acestui sistem presupune însă costuri de investiție suplimentare, costuri ce se amortizează în timp prin economia de energie ce se realizează.

4.6.3.2 Controlul sistemului de iluminat în funcție de accesul luminii naturale

Acest tip de control se poate realiza prin:

- ***acționarea sectorizată a corpurilor de iluminat***

Acest lucru presupune acționarea corpurilor de iluminat în șiruri paralele cu ferestrele, astfel încât corpurile de iluminat să fie puse sub tensiune pe măsură ce iluminarea produsă de lumina naturală scade în intensitate. Acest tip de control nu presupune costuri suplimentare, se poate implementa încă din faza de proiectare printr-o concepție corectă a sistemului de iluminat. Eficientizarea sistemului prin implementarea acestui sistem rămâne însă la

latitudinea utilizatorilor prezenți în încăpere, existând riscul ca funcționarea sistemului de iluminat să nu se realizeze la parametri nominali sau să nu se realizeze parametri de confort luminos. Deci implementarea acest tip de control presupune o urmărire atentă a acestui aspect de către utilizatori, acționarea corpurilor de iluminat fiind manuală.

- **reglarea automată a fluxului luminos** emis de sursele de lumină ce echipează corpurile de iluminat dintr-o încăpere prin intermediul unor fotocelule montate în încăpere care comandă variația tensiunii la bornele surselor de lumină artificială în funcție de aportul de lumină naturală.

Se realizează astfel un iluminat integrat artificial – natural, cu efecte pozitive asupra confortului vizual al utilizatorilor și eficient din punct de vedere al consumului de energie electrică. Costul investiției este mai ridicat dar, amortizarea acestora se face într-un timp relativ scurt prin reducerea semnificativă a consumului de energie pentru iluminatul spațiilor.

4.6.3.3 Controlul mixt al sistemului de iluminat în funcție de timpul de utilizare al încăperii și de accesul luminii naturale

Acest tip de control se poate realiza prin:

- **control local la nivelul fiecărei încăperi**

Prin combinarea celor două tipuri de control al iluminatului pot fi obținute alte variante de control, cea mai eficientă fiind aceea în care se folosesc senzori de prezență pentru acționarea corpurilor de iluminat și celule fotoelectrice pentru reglarea fluxului luminos în funcție de aportul de lumină naturală.

- **control centralizat al instalației de iluminat din clădire**

Un alt tip de control al iluminatului, pe tipuri de încăperii având destinații diferite deci programe diferite de funcționare, se poate realiza prin intermediul implementării unei instalații BMS. Controlul și gestiunea instalației de iluminat se poate realiza prin intermediul unui program de calcul specializat care conferă acesteia eficiență și flexibilitatea, permite măsurarea consumului real de energie electrică, înregistrarea curbelor de sarcină.

ANEXA II. 4.A.1

VALORI RECOMANDATE PRIVIND PUTEREA SPECIFICĂ CONSUMATĂ PENTRU ILUMINATUL INTERIOR GENERAL ÎN PROIECTAREA SISTEMELOR DE ILUMINAT

Tipuri de destinații	E_m [lx]	Putere specifica $p_i \left[\frac{W}{m^2} \right]$ pentru încăperi având înălțimea cuprinsă între:	
		2,4 ÷ 4m	3 ÷ 5m
0	1	2	3
1. Arii comune ale clădirilor			
Birou	500	13,7.....17,2	
Holuri de intrare	200	3,5.....5,9	
Holuri hotel	100	3,3.....4,2	
Zone de circulație, coridoare	100	3,3.....4,2	
Platforme de încărcare	150	3,9.....5,0	
Scări, scări rulante	100	3,3.....5,3	
Cantine	150	3,3.....5,9	
Camere de odihnă	200	3,5.....4,2	
Săli pentru exerciții fizice	100	5,0.....10,6	
Săli de baie, toalete	300	3,3.....5,9	
Infirmerii	200	13,7.....17,2	
Săli consiliu medicale	500	13,7.....17,2	
Sălile mașinilor	200	5,0.....6,7	
Săli cu panouri de comandă	500	13,7..... 17,2	
Depozite, magazine	100		2,5.....3,3
Spații pentru ambalare	300	5,0.....10,6	
Puncte de control	150	3,3.....5,9	
2. Clădiri pentru agricultură			
Utilaje pentru încărcarea și manevrarea produselor	200		5,0.....6,7
Grajduri	50		1,6.....2,5
Țarcuri pentru animale bolnave	200		5,0.....6,7
Zone de preparare a hranei, ferme de lapte, spălătorii	200	3,7.....5,3	
3. Brutării			
Prepararea și coacere	300	6,3.....7,9	
Finisare, glazurare, decorare	500	13,8.....17,2	
4. Industria cimentului			
Uscătorii	50		1,7.....2,5
Prepararea materialelor	200		3,8.....5,3
Lucru mecanizat general	300		6,3.....7,9
Forme brute, neprelucrate	300		6,3.....7,9
5. Industria ceramică a sticlei			
Uscătorii	50		1,7.....2,5
Preparare, lucru mecanizat	300		6,3.....7,9
Smălțuire, laminare, presare,	300		6,3.....7,9

modelare brută, suflare în sticlă			
Polizare, gravură, lustruire, modelare de precizie	750 (în general 300)		6,3.....7,9
Lucru decorativ	500	13,8.....17,2	
Polizarea sticlei optice, polizarea și gravura cristalului (manuale)	750 (în general 300)		6,3.....7,9
Lucru de precizie	1000 (în general 500)	13,8.....17,2	
Producție de pietre prețioase	1500 (în general 500)	13,8.....17,2	
6. Industria chimică, plastică și a cauciucului			
Procese automatizate cu comandă de la distanță	50		1,3.....2,0
Procese cu intervenție manuală limitată	150		4,0.....5,3
Locuri de muncă manuală	300	5,0.....10,6	
Camere de măsurare de precizie, laboratoare	500	13,8.....17,2	
Producție farmaceutică	500	10,5.....13,4	
Producție de anvelope	500	10,5.....13,4	
Controlul culorilor	1000 (iluminat general 500 lx)	13,8.....17,2	
Tăieri, finisări, control	750 (iluminat general 500 lx)	13,8.....17,2	
7. Industria electrotehnică și electronică			
Producție de cabluri și conducte	300	6,3.....7,9	
Confecționare bobine mari	300	7,6.....8,4	
Confecționare bobine de mărime medie	500	13,8.....17,2	
Confecționare bobine de mărimi mici	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Impregnare bobine	300	7,6.....8,4	
Galvanizare	300	7,6.....8,4	

Asamblare brută (transformatoare mari)	300	7,6.....8,4	
Asamblare medie (panouri de comandă și control)	500	13,8.....17,2	
Asamblare fină (telefoane)	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Asamblare de precizie (echipamente de măsură)	1000 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Ateliere electronice, testări, ajustări	1500 (iluminat general 500)	13,8.....17,2	
8. Industria alimentară			
Iluminat general în zone de muncă la fabrici de bere, fabrici de ciocolată și fabrici de zahăr	200		5,0.....6,7
Sortare și spălare produse ambalare	300		6,7.....10,0
Iluminat general în abatoare, măcelării, lăptării și rafinării de zahăr	500	10,0.....12,6	
Tăiere și sortare fructe și legume	300	6,7.....10,0	
Producție de alimente delicate, bucătării	500	10,0.....12,6	
Producție de țigări	500		11,9.....15,9
Controlul producției și al produselor, trieri, sortări	500		11,9.....15,9
Laboratoare	500		11,9.....15,9
Controlul culorii	1000 (iluminat general 500lx)	13,8..... 17,2	
9. Turnătorii			
Tuneluri subterane, pivnițe	50	1,3..... 1,9	
Platforme	100		2,5..... 3,4
Pregătirea nisipului	200		5,0.....6,7
Vestiare	200		5,0.....6,7
Locuri de muncă la cupolă și mixer	200		5,0.....6,7

Băi de turnare	200		5,0.....7,6
Zone de scoatere a materialelor din băile de turnare	200		5,0.....7,6
Turnare mecanizată	200		5,0.....7,6
Turnare manuală	300		7,9.....10,6
Matrițare	300		7,9.....10,6
Confecționare modele	500		13,4.....16,8
10.Saloane de coafură			
Coafare	500	11,9.....13,4	
11. Producția de bijuterii			
Lucrul cu pietre prețioase	1500 (iluminat general 500lx)	11,9.....13,4	
Producția bijuteiilor	1000 (iluminat general 500lx)	11,9.....13,4	
Producția manuală ceasuri	1500 (iluminat general 500lx)	11,9.....13,4	
Producția automatizată ceasuri	500	11,9.....13,4	
12. Spălătorii și curățătorii chimice			
Recepție, marcare și sortare obiecte	300	6,7.....7,9	
Spălare și curățare, călcare	300	6,7.....7,9	
Control și ajustări	750	12,6.....20,1	
13. Industria pielăriei			
Curățare de carne, răzuire, frecare, întoarcerea pielii	300	6,7.....7,9	
Lucru de șelărie, cusut, lustruire, tăiere	500	11,9.....15,9	
Sortare	500	11,9.....15,9	
Colorare, nuanțare	500	11,9.....15,9	
Controlul de calitate	1000 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Controlul culorilor	1000 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Fabricarea pantofilor	500	12,6.....13,7	

Fabricarea mănușilor	500	12,6.....13,7	
14. Industria metalurgică			
Forjare, matrițare	200	5,3.....6,7	
Sudări, asamblări la rece	300	7,6.....10,6	
Lucru brut sau mediu, cu toleranțe mai mari de 0,1 mm	300	6,7..... 7,9	
Lucru de precizie, cu toleranțe sub 0,1 mm	500	13,8.....17,2	
Trasare, control	750	6,8.....2,1	
Desenarea formelor țevelor și cablurilor metalice	300	7,6.....10,6	
Lucru cu table mai groase de 5mm	200	5,0.....6,7	
Lucru cu foi mai subțiri de 5mm	300	7,9.....10,0	
Fabricarea sculelor și a echipamentelor de tăiere	750	16,0..... 21,0	
Asamblare brută	200		5,3.....6,7
Asamblare medie	300		7,6.....10,6
Asamblare fină	500	13,8.....17,2	
Asamblare de precizie	750	16,8.....21,0	
Galvanizare	300	6,7..... 7,9	
Pregătirea suprafețelor și vopsire	750	16,8..... ..21,0	
Mecanică de precizie, micro-mecanică, matrițare, fabricarea sculelor	1000 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
15. Industria hârtiei			
Fabrici de celuloză	200		5,3.....6,7
Fabricarea și procesarea hârtiei	300		7,6.....10,6
Legări de cărți și copertări	500	13,8 17,2	
16. Centrale de producere a energiei			
Spații de alimentare cu combustibil	50	1,3.....1,9	
Sala cazanelor	100		2,5.....3,4
Sălile mașinilor	200		5,0.....6,7
Spații auxiliare, pompe, condensatoare	200		5,0.....6,7
Camere de comandă	500	13,8.....17,2	
Stații interioare de conexiuni	150		4,0.....5,3
Boxe trafo, aparataj	150		4,0.....5,3
Camere pentru redresoare	150		4,0.....5,3
Camere pentru acumulatori	100	2,5.....3,4	

Cameră pentru compensatorul sincron	200		5,0.....6,7
Cameră pentru grup electrogen	200	5,0.....6,3	
Gospodării de cabluri	100		4,0.....5,3
17. Tipografii			
Tăiere, gofrare, lucru cu clișee, mașini de tipărit, matrițare	500	10,5.....13,4	
Sortare hârtie și tipărire manuală	500	10,5.....13,4	
Setări, litografieri, retușări	1000 (iluminat general 500lx)	10,5.....13,4	
Controlul culorilor (dacă e cazul)	1500 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Clișee metalice	2000	13,8.....17,2	
18. Industria metalurgică și siderurgică			
Procese automatizate fără intervenții manuale	50		1,3.....2,0
Procese de producție cu intervenții manuale ocazionale	150		4,0.....5,3
Procese de producție cu operație manuală permanentă	200		5,0.....6,7
Depozite	50		1,6.....2,5
Cuptoare, furnale	200		5,0.....6,7
Laminoare	300		6,3.....7,9
Platforme și panouri de control	300	7,9.....10,0	
Testări, măsurări, controale	500	13,8.....17,2	
Tuneluri subterane	50	1,3.....1,9	
19. Industria textilă			
Băi, desfaceri baloturi material	200		5,0.....6,7
Dărăcire, spălare, călcare, măsurare, desenare, potrivire, tăiere, pretoarcere, prelucrare cânepă, etc	300		5,0.....6,7
Toarcere, lucru cu pliuri, înfășurare, croșetare, împletire, tricotare	500	13,8.....17,2	
Cusut, tricotare fină	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	

Design manual, desenare tipare	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Finisări, colorări, nuanțări	500 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Uscătorii	100	2,5.....3,4	
Imprimări automate	500	10,5.....13,4	
Scoatere noduri, sortări	1000 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Control de calitate și al culorii	1000 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Reparări, îmbunătățiri	1500 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Confecționare pălării	500	13,8.....17,2	
20. Industria construcțiilor de mașini			
Asamblare caroserii	500		13,4.....16,8
Vopsitorii, lustruit în camere	750 (iluminat general 500lx)	16,8.....21,0	
Vopsirii particulare pe zonă și control	1000 (iluminat general 500lx)	11,9.....13,4	
Fabricarea manuală tapițerii	1000 (iluminat general 500lx)	11,9.....13,4	
Control final	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
21. Industria lemnului și a mobilei			
Procese total automatizate	50		1,3.....2,0
Proces de umezire cu abur	150		4,0.....5,3
Lucru la gater	300		7,6.....10,6

Asamblare, lipire	300		7,6.....10,6
Lustruire, vopsire, lăcuire, asamblare fină	750	16,8.....21,0	
Lucru cu utilaje mecanizate	500		11,9.....15,9
Selecție furniruri, încrustare	750 (iluminat general 500lx)		11,9.....15,9
Control de calitate	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
22. Birouri			
Scris, citit, procesare de date	500	13,8.....17,2	
Desen tehnic	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Birouri/săli de proiectare asistată de calculator	500	13,8.....17,2	
Săli de conferințe și reuniuni	300	7,6.....10,6	
Birouri de primire	300	7,6.....10,6	
Arhive	200	5,0.....6,7	
23. Spații comerciale			
Spații comerciale mici	300	7,6.....10,6	
Spații comerciale mari	500	13,8.....17,2	
Zone case de plată	500	11,9.....13,4	
Zone de împachetare	500	11,9.....13,4	
24. Restaurante și hoteluri			
Recepții	300	7,6.....10,6	
Bucătării	500	10,0.....12,6	
Restaurante, spații funcționale	200	5,04.....7,5	
Restaurant auto-servire	200	5,04.....7,5	
Bufet	300	7,6.....10,6	
Săli de conferință	500	13,8.....17,2	
Coridoare	100	3,3.....4,2	
25. Spații de divertisment și muzee			
Teatre și săli de concert	200		
Săli polivalente	300	7,6.....10,6	
Săli pentru repetiții, cabine artiști	300	7,6.....10,6	
Muzee	300	7,6.....10,6	
26. Biblioteci			

Rafturi cărți	200	5,0.....7,5	
Locuri pentru lectură	500	13,8.....17,2	
Ghișee	500	13,8.....17,2	
27. Parcări interioare			
Rampe intrare/ieșire pe timp de zi	300	6,3.....7,9	
Rampe intrare/ieșire pe timp de noapte	75	1,2.....1,6	
Bandă de circulație	75	1,2.....1,6	
Spații de parcare	75	1,2.....1,6	
28. Instituții de învățământ			
Camere de joacă	300	7,6.....10,6	
Săli de clasă în creșe și grădinițe	300	7,6.....10,6	
Săli de consultații	300	7,6.....10,6	
Săli de clasă	300	7,6.....10,6	
Săli de clasă pentru cursuri de seară sau pentru adulți	500	13,8.....17,2	
Săli de lectură	500	13,8.....17,2	
Tablă	500	13,8.....17,2	
Tablă de demonstrație	500	13,8.....17,2	
Ateliere	500	11,9.....13,4	
Ateliere de artă în școli de artă	750	16,8.....21,0	
Săli de desen tehnic	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Laboratoare	500	13,8.....17,2	
Amfiteatre	500	13,8.....17,2	
Săli de muzică	300	7,6.....10,6	
Săli de calculatoare	500	13,8... ..17,2	
Laboratoare lingvistice	300	7,6.....10,6	
Săli de studiu	500	13,8.....17,2	
Camere comune pentru studenți și săli de reuniune	200	3,3.....4,2	
Cancelarii	300	7,6.....10,6	
Săli de sport și bazine de înot	300	7,6.....10,6	
29. Spitale și clinici			
Săli de așteptare	200	3,5.....5,9	
Coridoare, ziua	200	3,5.....5,9	
Coridoare, noaptea	50	1,6.....2,5	
Birouri personal	500	13,8.....17,2	
Camere personal	300	7,6.....10,6	
Iluminat general saloane	100	3,3.....4,2	

Băi și toalete pentru pacienți	200	3,5.....5,9	
Iluminat general săli de consultație	500	13,8.....17,2	
Examinarea ochilor și urechilor	1000 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
Teste de vedere (citit și culoare)	500	13,8.....17,2	
Saloane dializă	500	13,8.....17,2	
Saloane de dermatologie	500	13,8.....17,2	
Saloane de endoscopie	300	7,6.....10,6	
Săli de pansare	500	13,8.....17,2	
Saloane de masaj și radioterapie	300	7,6.....10,6	
Saloane preoperator și de reanimare	500	13,8.....17,2	
Săli de operații: - iluminat general;	500	13,8.....17,2	
Terapie intensivă: - iluminat general - examinări simple - supraveghere pe timp de noapte	100 300 20	3,3.....4,2 7,6.....10,6 1,6.....2,5	
Stomatologie: - iluminat general	500	13,8... ..17,2	
Controlul culorii (laboratoare)	1000 (iluminat general 500lx)	13,8... ..17,2	
Camere sterilizate/dezinfectate	300	7,6.....10,6	
Săli de autopsie și morgă	750 (iluminat general 500lx)	13,8.....17,2	
30. Aeroporturi			
Terminale plecări, sosiri, spații de recuperare a bagajelor	200		5,0.....6,7
Zone de legătură, scări rulante	200		5,0.....6,7
Birouri de informații și de înregistrare	500	13,8.....17,2	
Posturi de control pașapoarte	500	13,8.....17,2	
Spații de așteptare	200		5,0.....6,7
Spații de depozitare a	200		5,0.....6,7

bagajelor			
Posturi de verificare și control	300	7,6.....10,6	
Turnul de control	500	13,8.....17,2	
Camere de urmărire a traficului aerian	500	13,8.....17,2	
Platforme și pasaje pietonale	50	1,3.....2,0	
Holul caselor de bilete	200	3,5.....5,9	
Case de bilete și birouri bagaje	300	7,6.....10,6	
Săli de așteptare	200	3,5.....5,9	
31. Biserici			
Zona publicului	100		2,5.....3,3
Corul, altarul, amvonul	300	7,6.....10,6	

Anexa II.4.B1

Tabel 1: Timpul de utilizare anual, în funcție de tipul clădirii

Tipul clădirii	Orele de funcționare, anual		
	t_D	t_N	t_{total}
<i>Clădiri de birouri</i>	2250	250	2500
<i>Clădiri de învățământ</i>	1800	200	2000
<i>Spitale</i>	3000	2000	5000
<i>Hoteluri</i>	3000	2000	5000
<i>Restaurante</i>	1250	1250	2500
<i>Săli de sport</i>	2000	2000	4000
<i>Clădiri pentru servicii de comerț</i>	3000	2000	5000
<i>Fabrici</i>	2500	1500	4000

Tabel 2: F_D - Factorul de dependență de lumina de zi.

Tipul clădirii	Tipul sistemului de control	F_D
<i>Birouri, fabrici, clădiri sportive</i>	Manual	1,0
	Celulă foto iluminare constantă	0,9
	Celulă foto iluminare cu senzor lumină naturală	0,8
<i>Hoteluri, restaurante, magazine</i>	Manual	1,0
	Celulă foto iluminare constantă	0,9

<i>Clădiri de învățământ, spitale</i>	Manual	1,0
	Celulă foto iluminare constantă	0,9
	Celulă foto iluminare cu senzor lumină naturală	0,7
<i>Notă: Se consideră că cel puțin 60% din iluminat este controlat prin intermediul sistemul considerat</i>		

Tabel 3: F_o - factorul de dependență de durata de utilizare;

<i>Tipul clădirii</i>	<i>Tipul sistemului de control</i>	F_o
<i>Birouri, clădiri de învățământ</i>	Manual	1,0
	Automat $\leq 60\%$ din încărcătura conectată	0,9
<i>Fabrici, clădiri sportive, restaurante</i>	Manual	1,0
	Automat $\leq 60\%$ din încărcătura conectată	0,7
<i>Hotel</i>	Manual	0,7
<i>Spital</i>	Manual (control automat)	0,8
<i>Notă: Se consideră control automat cu senzori de prezență, cel puțin unul în fiecare încăpere, iar pe suprafețe mari, cel puțin unul la 30m²</i>		

II. 5 METODE ALTERNATIVE DE CALCUL PRIVIND PERFORMANTA ENERGETICA A CLADIRILOR

CUPRINS

- 5.1 Variația temperaturii interioare în spații locuite/ocupate nedotate cu sisteme de climatizare. Metodă orară analitică simplificată**
- 5.2 Necesarul de frig al unui spațiu ocupat (metoda orară simplificată)**
- 5.3 Necesarul de căldură anual normal pentru încălzire**
- 5.4 Metodologie de determinare a consumului anual normal de căldură pentru prepararea apei calde de consum**

ANEXE

5.1 Variația temperaturii interioare în spații locuite/ocupate nedotate cu sisteme de climatizare. Metodă orară analitică simplificată

Algoritmul de calcul vizează spații ale căror elemente de construcție despărțitoare de alte spații ocupate și neocupate sunt adiabatic. Ipoteza este acceptabilă deoarece, în lipsa echipamentelor de climatizare, temperaturile interioare sunt relativ apropiate între categoriile de spații menționate. A doua ipoteză constă în a admite temperatura uniformă a elementelor de construcție interioare din spațiile analizate (pereți, planșee). Se neglijează capacitatea termică a aerului.

Relația de determinare a variației în timp a temperaturii aerului este următoarea:

$$\theta_a(t_j) = \delta_1(t_j) \cdot \bar{\theta}_e(t_j) + \delta_2(t_j) \cdot \theta_p(t_j) + \delta_3(t_j) \cdot a_{cv}(t_j) \quad (5.1)$$

Notațiile sunt prezentate la sfârșitul paragrafului.

Variația în timp a temperaturii elementelor de construcție interioare se determină cu relația:

$$\theta_p(t_j) = \left[\theta_p(t_j) - \frac{C_{2j-1}}{C_1} + \frac{C_{2j} - C_{2j-1}}{\Delta t} \cdot \frac{1}{C_1^2} \right] \cdot \exp(-C_1 \cdot \Delta t) + \frac{C_{2j}}{C_1} - \frac{C_{2j} - C_{2j-1}}{\Delta t} \cdot \frac{1}{C_1^2} \quad (5.2)$$

Pasul de timp utilizat în calcul se recomandă a fi de o oră ($\Delta t = 3600$ s). Coeficienții din relația (5.2) se determină cu relațiile:

$$C_1(t_j) = \frac{A_T - A_E}{M_P \cdot c_p} \cdot \{ \alpha_{cv} [1 - \delta_2(t_j)] + \alpha_r \cdot \bar{F}_R [1 - \beta [\gamma_1 \cdot \delta_2(t_j) + \gamma_3]] \} \quad (5.3)$$

$$C_2(t_j) = \frac{A_T - A_E}{M_P \cdot c_p} \cdot \{ \delta_1(t_j) \cdot (\alpha_{cv} + \alpha_r \bar{F}_R \beta \gamma_1) \bar{\theta}_e(t_j) + \alpha_r \bar{F}_R (1 + \beta \gamma_2) \dot{\theta}_e(t_j) + \delta_3(t_j) \cdot a_{cv}(t_j) \cdot (\alpha_{cv} + \alpha_r \bar{F}_R \beta \gamma_1) \} \\ + a_r(t_j) \cdot \frac{A_{Loc}}{M_P \cdot c_p} \quad (5.4)$$

Calculul se desfășoară conform următorului algoritm:

1. Se determină coeficienții numerici care sunt funcție de timp;
2. Se determină parametrii variabili în raport cu timpul avându-se în vedere valorile parametrilor climatici la intervale de $\Delta t = 3600$ s. Se obțin valorile $\dot{\theta}_e(t_j)$ și $\bar{\theta}_e(t_j)$;
3. Se determină valorile orare ale coeficienților $C_1(t_j)$ și $C_2(t_j)$ pe baza valorilor orare $\delta_1(t_j)$, $\delta_2(t_j)$, $\delta_3(t_j)$, $a_{cv}(t_j)$ și $a_r(t_j)$. Valorile orare $\delta_1(t_j)$, $\delta_2(t_j)$, $\delta_3(t_j)$ se determină în funcție de profilul orar al ratei de ventilare (numărului de schimburi de aer), $n_a(t_j)$ considerat adecvat menținerii temperaturii interioare în apropierea valorilor de confort termic, pe de o parte și în scopul realizării condițiilor de confort fiziologic, pe de altă parte.
4. Se determină valorile orare ale temperaturii elementelor de construcție interioare $\theta_p(t_j)$ cu relația (5.2);
5. Se determină valorile orare ale temperaturii aerului interior $\theta_a(t_j)$ cu relația (5.1).

Aplicarea practică a metodei prezentate implică exclusiv calcul tabelar (de tip EXCEL).

Verificarea regimului termic din spațiile ocupate se referă exclusiv la spații incluse în zona principală a unei clădiri. În cazul în care clădirea este de tip multietajat, verificarea se efectuează

pentru spațiile ocupate amplasate la fiecare nivel. În acest caz, capacitatea termică a elementelor de tip planșeu se împarte în părți egale între două niveluri consecutive.

Din punct de vedere al parametrilor climatici, se consideră intensitatea radiației solare din zilele senine din lunile martie, mai și iulie, cărora li se asociază temperaturile exterioare cu gradul de asigurare propriu activității de dimensionare a instalațiilor de climatizare. În cazul clădirilor foarte vitrate și cu grad de ocupare ridicat (de exemplu clădiri de birouri) este necesar a se efectua verificarea variației temperaturii interioare și în sezonul rece, cu referire la zilele senine și la spații defavorabil orientate (S, SV).

Verificarea variației temperaturilor interioare în spațiile ocupate este o operație necesară în special în cazul clădirilor existente de tip social administrativ și în cazul oricărei clădiri noi. În ambele cazuri se au în vedere clădiri amplasate în localități situate sub paralela de 45° N, zona de câmpie. Practic se va verifica variația în timp a temperaturilor interioare în lunile mai și iulie (pentru sezonul cald) și în luna martie (pentru sezonul rece).

Valorile orare ale temperaturii exterioare precum și valorile intensității radiației solare totală, globală și difuză sunt prezentate în tabelele D.1 ... D.4 din Anexa II.5.D. Valorile sunt specifice localităților din zone urbane situate în câmpia Română la latitudinea de 45° N.

Temperatura interioară a aerului, care reprezintă starea de confort termic acceptabil în sezonul cald, se poate considera cu valoarea $\theta_{ic} = 26^{\circ}\text{C}$.

- Verificarea valorii $\theta_{a(t)}$ reprezintă un diagnostic dat clădirii ocupate/locuite în ceea ce privește starea de confort termic în lipsa instalațiilor de condiționare a aerului. Dacă $\max\{\theta_2(t)\} - 26 > 1^{\circ}\text{C}$ pe o durată care depășește 5 h/zi în ziua reprezentativă din luna iulie și 2 h/zi în ziua reprezentativă din luna mai, se impune dotarea clădirii cu instalație de climatizare a aerului;
- În cazul clădirilor de locuit existente (individuale sau colective) nu se efectuează verificarea stării de confort interior, dar se recomandă soluții de modernizare energetică care conduc la reducerea temperaturii interioare a aerului în sezonul estival;
- În cazul proiectării clădirilor noi se adoptă soluții tehnice care fac posibilă menținerea stării de confort termic fără intervenția instalațiilor de condiționare a aerului. Se recomandă ca, verificarea performanței soluțiilor realizată prin testarea condiției susmenționate, să se facă indiferent de categoria clădirii;
- Pentru clădiri existente cu regim de ocupare special (clădiri aglomerate – clădiri de birouri foarte vitrate, clădiri administrative) se recomandă verificarea condiției de realizare a confortului termic în perioada de vară, asociată condiției de confort în sezonul rece (luna martie), dată de relația:
 $\max\{\theta_1(t)\} - 23 < 1^{\circ}\text{C}$ pe o durată care depășește 5 h/zi în ziua reprezentativă din luna martie.

Schema de calcul detaliată asociată metodei de verificarea temperaturilor interioare din spațiile ocupate în lipsa dotării cu echipamente sau instalații de climatizare/condiționare, este următoarea:

1. Se determină zona principală (a spațiilor ocupate/locuite) a clădirii supusă verificării și se precizează spațiile care formează obiectul analizei;
2. Se determină suprafața de transfer de căldură A_{E_k} a fiecărui element de închidere exterior opac și transparent cu azimutul „k” (conform C 107/3);
3. Se determină suprafața totală de transfer de căldură a elementelor de închidere perimetrale exterioare:

$$A_E = \sum_k A_{E_k}$$

4. Se determină suprafața elementelor interioare de construcție incluse în spațiul locuit/ocupat avându-se în vedere dimensiunile aparente ale elementelor de construcție. Pentru fiecare spațiu delimitat se au în vedere elementele de construcție orizontale și verticale.
5. Capacitatea termică a elementelor de construcție interioare despărțitoare de alte spații se determină până la planul de simetrie vertical al elementelor de construcție. Pentru elementele de construcție interioare incluse în spațiul analizat se ia în calcul întreaga capacitate termică. Se însumează valorile capacităților termice și rezultă valoarea totală a capacității termice a elementelor de construcție interioare, $M_P \cdot c_p$.
6. Se determină valorile rezistențelor termice corectate ale elementelor de închidere exterioare opace și transparente R_k în raport cu azimutul „k”;
7. Se determină factorul de formă mediu al spațiului locuit:

$$\bar{F}_R \cong 0,2(6 - N_{Pi})$$

în care N_{Pi} este numărul mediu al pereților interiori din incintele care formează spațiul analizat.

8. Se determină volumul liber al spațiilor locuite/ocupate, V ;
9. Se determină temperaturile exterioare de referință modificate ale elementelor de construcție opace și transparente, cu relația (2) din Anexa II.5.C, respectiv relațiile (5.5), (5.6) și (5.7) de mai jos:

$$\theta_{EF_k}(t_j) = (\alpha_L \cdot \dot{\tau}) \cdot R_{F_k} \left[(1 - C_{u_k}) \cdot I_{T_k}(t_j) + C_{u_k} \cdot I_{dif_k}(t_j) \right] + \theta_e(t_j) \quad (5.5)$$

pentru fereastră fără oblon;

$$\theta_{EF_k}^{(OE)}(t_j) = \frac{\alpha^{(o)}}{\alpha_e} \left[(1 - C_{u_k}) \cdot I_{T_k}(t_j) + C_{u_k} \cdot I_{dif_k}(t_j) \right] + \theta_e(t_j) \quad (5.6)$$

pentru fereastră cu oblon opac exterior;

$$\theta_{EF_k}^{(OI)}(t_j) = (\alpha^{(o)} \cdot \dot{\tau}) \cdot \left(R_{F_k} - \frac{1}{\alpha_i} + \frac{4}{\alpha_e} \right) \cdot \left[(1 - C_{u_k}) \cdot I_{T_k}(t_j) + C_{u_k} \cdot I_{dif_k}(t_j) \right] + \theta_e(t_j) \quad (5.7)$$

pentru fereastră cu oblon opac interior;

în care:

- α_L este coeficientul de absorbție a radiației solare al elementelor de construcție interioare, pentru ferestre libere;
- $\alpha^{(o)}$ este coeficientul de absorbție a radiației solare al suprafeței oblonului interior/exterior;
- $\dot{\tau}$ este transmisivitatea vitrajului la radiația electromagnetică de undă scurtă (spectrul vizibil).

În lipsa unor valori precizate prin proiect/cartea tehnică se pot utiliza valorile:

$$\alpha_L = 0,40$$

$$\alpha^{(o)} = 0,60 \text{ - pentru oblon cu suprafață nereflectorizantă;}$$

$\alpha^{(o)} = 0,20$ - pentru oblon cu suprafață reflectorizantă;

$\tau = 0,70$ (valoare medie atât pentru componenta directă cât și pentru componenta difuză)
- pentru ferestre duble confecționate din geam cu grosimea de 3 mm, relativ curate;

$$\alpha_i = 3,5 + 4,5 \cdot \bar{F}_R \cdot \frac{A_T}{A_E} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

$$\alpha_e = 17 \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

C_{u_k} este coeficientul de umbrire;

$C_{u_k} = 0,20$ - pentru suprafețe orizontale;

$C_{u_k} = 0,30$ - pentru suprafețe verticale;

θ_e , l_T și l_{diff} - sunt conform tabelelor D.1 ... D.4 din anexa II.5.D.

$$A_T = A_E + A_P$$

în care A_P este suprafața elementelor de construcție interioare, în m^2 .

10. Se determină temperatura exterioară de contur:

$$\dot{\theta}_e(t_j) = \frac{\sum_k \frac{A_{PE_k}}{\alpha_i \cdot R_{P_k}} \theta_{ev_k}(t_j) + \sum_l \frac{A_{EF_l}}{\alpha_i \cdot R_{F_l}} \theta_{EF_l}(t_j) + \sum_i \frac{A_{F_i}}{\alpha_i \cdot R_{F_i}^{(o)}} \theta_{EF_i}^{(oi)}(t_j) + \sum_n \frac{A_{F_n}}{\alpha_i \cdot R_{F_n}^{(o)}} \theta_{EF_n}^{(oe)}(t_j)}{A_E} \quad (5.8)$$

în care:

$$R_{F_n}^{(o)} = R_{F_i}^{(o)} = R_F - \frac{1}{\alpha_i} + \frac{4}{\alpha_e}; \quad A_E = \sum_k A_{PE_k} + \sum_l A_{EF_l} + \sum_i A_{F_i} + \sum_n A_{F_n} \quad (5.9)$$

11. Se determină temperatura exterioară medie de referință:

$$\bar{\theta}_e(t_j) = \theta_e(t_j) + \frac{\alpha_{cv} \cdot (1 + \beta \cdot \gamma_2)}{n_a(t_j) \cdot \frac{V}{A_E} \cdot \rho \cdot c_{pa}} \cdot \dot{\theta}_e(t_j) \quad (5.10)$$

12. Se determină valorile orare ale coeficienților $C_1(t_j)$ și $C_2(t_j)$;

13. Se determină variația orară a temperaturii $\theta_p(t_j)$ a elementelor de construcție interioare cu relația (5.2);

14. Se determină variația orară a temperaturii aerului $\theta_a(t_j)$ cu relația (5.1).

Valorile orare ale ratei de ventilare $n_a(t_j)$ se aleg în funcție de specificul activităților care se desfășoară în spațiile analizate (conform capitolului 9.7 din „Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I”).

NOTA 1: În cazul în care ventilarea spațiilor analizate se realizează prin ventilare naturală și prin infiltrații de aer exterior, rata de ventilare este condiționată de gradul de etanșare al

roșturilor elementelor de închidere mobile (uși, ferestre), în cazul în care aceste elemente sunt în poziția închis și de diferența de temperatură dintre spațiul interior și exterior, în cazul în care elementele de închidere sunt în poziția deschis. Rezultă că relațiile de calcul nu vor mai include explicit rata de ventilare naturală a spațiilor analizate. În scopul utilizării modelului analitic prezentat se vor lua în considerare valorile ratei de ventilare prezentate în capitolul 9.7 din „Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I”.

Pentru intervalul de timp cuprins între orele 23⁰⁰ – 7⁰⁰ în care se practică ventilarea naturală controlată (uși și ferestre deschise) se va utiliza valoarea $n_a = 0,5 \text{ h}^{-1}$.

Pentru $n_a(t_j)$ se recomandă relația:

$$n_a = 2,99 \cdot U(\Delta\theta) \cdot \frac{A_F}{V} \quad [\text{h}^{-1}]$$

în care:

$$\Delta\theta = \theta_i - \theta_e$$

$$U(\Delta\theta) = 27(\theta_i - \theta_e)^{0,32} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

A_F este suprafața deschiderii ușilor și ferestrelor, în m^2 .

NOTA 2: Determinarea variației temperaturii elementelor de construcție interioare respectă următoarea procedură:

1. Se determină pentru fiecare moment $t_j \in [0, 24]$ valorile $C_1(t_j)$ și $C_2(t_j)$ conform relațiilor (5.3) și (5.4);
2. Se propune o valoare (arbitrară) pentru valoarea $\theta_p(t_{j-1} = 0)$ la momentul $t_{j-1} = 0$ (se recomandă $\theta_{p_0} = 26^\circ\text{C}$);
3. Se determină valorile $\theta_p^{(1)}(t_j = \Delta t)$; $\theta_p^{(1)}(t_j = 2\Delta t)$ s.a.m.d cu relația (5.6) până la momentul $t_j = 24 \text{ h}$;
4. Se utilizează valoarea $\theta_p^{(1)}(t_j = 24)$ ca valoare de inițializare pentru a doua iterație. Se obțin valorile orare $\theta_p^{(2)}(t_j)$;
5. Calculul se consideră încheiat la iterația (p) prin îndeplinirea condiției:

$$\left| \left\{ \theta_p^{(p)}(t_j) \right\} - \left\{ \theta_p^{(p-1)}(t_j) \right\} \right| \leq \varepsilon$$

cu $\varepsilon \leq 0,1$

Coeficienți numerici:

$$\beta = \beta_P + \beta_{FL} + \beta_F^{(oE)} + \beta_F^{(ol)};$$

$$\beta_P = \frac{\sum_k A_{P_k} \left[1 - (\alpha_i \cdot R'_{P_k})^{-1} \right]}{A_E};$$

$$\beta_{FL} = \frac{\sum_k A_{F_k} \left[1 - (\alpha_i \cdot R'_{F_k})^{-1} \right]}{A_E}$$

$$\beta_F^{(oE)} = \frac{\sum_k A_{F_k}^{(oE)} \left[1 - (\alpha_i \cdot R_{F_k}^{(oE)})^{-1} \right]}{A_E}$$

$$\beta_F^{(oI)} = \frac{\sum_k A_{F_k}^{(oI)} \left[1 - (\alpha_i \cdot R_{F_k}^{(oI)})^{-1} \right]}{A_E}$$

$$\gamma_1 = \frac{\frac{\alpha_{cv}}{\alpha_i}}{1 - \frac{\alpha_r}{\alpha_i} \cdot \bar{F}_R \cdot \beta}; \quad \gamma_2 = \frac{\frac{\alpha_r \cdot \bar{F}_R}{\alpha_i}}{1 - \frac{\alpha_r}{\alpha_i} \cdot \bar{F}_R \cdot \beta}; \quad \gamma_3 = \gamma_2 \cdot \left(\frac{A_T}{A_E} - 1 \right);$$

$$\delta_1(t_j) = \frac{n_a(t_j) \cdot \frac{V}{A_E} \cdot \rho \cdot c_{pa}}{N_{um2}};$$

$$\delta_2(t_j) = \frac{\alpha_{cv} \left(\frac{A_T}{A_E} - 1 + \beta \cdot \gamma_3 \right)}{N_{um2}}$$

$$\delta_3(t_j) = \frac{\frac{A_{LOC}}{A_E}}{N_{um2}};$$

$$N_{um2} = n_a(t_j) \cdot \frac{V}{A_E} \cdot \rho \cdot c_{pa} + \alpha_{cv} \left(\frac{A_T}{A_E} - \beta \cdot \gamma_1 \right);$$

$$\alpha_i = \alpha_{cv} + \alpha_r \cdot \bar{F}_R \cdot \frac{A_T}{A_E};$$

Se recomandă:

$$\alpha_{cv} = 3,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$\alpha_r = 4,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

5.2 Necesarul de frig al unui spațiu ocupat (metoda orară simplificată)

5.2.1 Necesar sensibil de frig

Necesarul de frig (sensibil) al unei incinte se determină cu relația:

$$Q_F(t) \cong \frac{A_E}{R} [\theta_{i_o} - \theta_{eRC_j}(t)] + 1,1 \cdot n_a(t) \cdot \dot{V}_a \cdot \rho_a \cdot c_{pa} [\theta_{i_o} - \theta_{e_j}(t)] + a_s(t) \cdot A_{Loc} \quad [W] \quad (5.11)$$

în care:

- A_E – aria elementelor de construcție exterioare opace și transparente (conform C107/3-2005), în m²;
- A_{Loc} – aria suprafeței locuibile a spațiului ocupat, în m²;
- $\dot{V}_a$ – volumul liber al aerului, în m³;
- $n_a(t)$ – rata de ventilare a spațiului ocupat, în s⁻¹;
- θ_{i_o} – temperatura interioară de confort, în °C;
- $\theta_e(t)$ – temperatura exterioară, în °C;
- $\theta_{eRC}(t)$ – temperatura exterioară de referință a elementelor exterioare (temperatura exterioară echivalentă pentru elemente vitrate și temperatura exterioară modificată pentru elemente opace determinată cu relația A.15.3.2 din Anexa A.15.3), în °C;
- $a_s(t)$ – degajările sensibile de căldură liberă, în W/m²;
- j – indice care specifică luna din sezonul cald.

Durata procesului de răcire se determină ca urmare a analizei variației temperaturii aerului interior în spații ocupate în lipsa dotării cu instalații/sisteme de răcire. Egalitatea:

$$\theta_a(t) = \theta_{i_o} \quad (5.12)$$

conduce la determinarea intervalului zilnic de funcționare a instalației/sistemului de răcire.

Cantitatea de căldură sensibilă extrasă zilnic în luna „j” din spațiul ocupat se determină cu relația:

$$\dot{Q}_{zij} = 0,001 \cdot \bar{Q}_j \cdot D_{R_j} \quad [kWh] \quad (5.13)$$

în care:

- $\bar{Q}_j$ – valoarea medie a necesarului sensibil de frig pe durata de climatizare, din cursul unei zile, în W;
- D_{R_j} – durata intervalului de răcire, în h.

Cantitatea de căldură (sensibilă) extrasă în fiecare lună se determină cu relația:

$$\dot{Q}_{sz_j} = N_{z_j} \cdot \dot{Q}_{zij} \quad [kWh/lună] \quad (5.14)$$

în care:

N_{z_j} - numărul de zile senine din luna „j”

Cantitatea de căldură extrasă (sensibilă) pe durata sezonului cald se determină cu relația:

$$\dot{Q}_{sz} = \sum_j \dot{Q}_{sz_j} \quad [\text{kWh}] \quad (5.15)$$

5.2.2 Necesari latent de frig

Căldura latentă se determină în funcție de numărul de persoane din spațiul ocupat N_{pers} și în funcție de debitul de vapori de apă care se degajă în spațiul ocupat (altul decât cel provenit metabolismul uman).

Rezultă:

$$Q_L(t) = N_{pers}(t) \cdot a_L + \delta_v \cdot G_v \cdot i_v \quad [\text{W}] \quad (5.16)$$

în care:

- N_{pers} – numărul de persoane din spațiul ocupat;
- a_L – debitul de căldură latentă (în funcție de θ_a), în W/pers
- i_v – entalpia vaporilor de apă, în J/kg;
- G_v – debitul de vapori de apă, în kg/s;
- δ_v – simbolul Weierstrass-Kronecher.

$$\delta_v \begin{cases} 1 - \text{există degajări de vapori} \\ 0 - \text{nu există degajări de vapori} \end{cases}$$

Cantitatea de căldură latentă, necesară a fi preluată de instalația/sistemul de climatizare este dată de relația:

$$\dot{Q}_{Lz} = 0,001 \sum_j N_{z_j} \bar{Q}_{L_j} \cdot D_{R_j} \quad [\text{kWh}] \quad (5.17)$$

în care:

$\bar{Q}_{L_j}$ - valoarea medie a necesarului latent de frig pe durata de climatizare, din cursul unei zile, în W.

5.2.3 Necesari total de frig

Necesarul total de frig se determină cu relația:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{sz} + \dot{Q}_{Lz} \quad [\text{kWh}] \quad (5.18)$$

5.3 Necesarul de căldură anual normal pentru încălzire

Metoda de calcul se bazează pe următoarele ipoteze:

- Transferul de căldură prin elementele de construcție care constituie anvelopa spațiului analizat ține seama de caracterul nestaționar al proceselor;
- Intervalul maxim de timp utilizat ca reper al analizei este luna iar intervalul minim este ziua;
- Bilanțul termic specific spațiilor ocupate ține seama de influența aporturilor datorate radiației solare și activității umane;
- Modelul de calcul adoptat este unul multizonal în care se disting:
 - zona principală în care se desfășoară activitatea proprie destinației clădirii;
 - zona secundară formată din una sau mai multe subzone care sunt adiacente zonei principale și adiacente sau nu între ele.

Zona principală este considerată ca ansamblu al tuturor spațiilor ocupate caracterizate de un microclimat asemănător, nefăcându-se distincția pe camere, conform proiectului de arhitectură. Anvelopa zonei principale este adiacentă mediului exterior natural și subzonelor secundare încălzite direct sau indirect și caracterizate de un microclimat sensibil diferit de cel al zonei principale. Între zone se produce transfer de căldură și masă. Microclimatul din zona principală se caracterizează prin parametrii termodinamici specifici stării de confort termic și fiziologic, indiferent de starea clădirii și a instalațiilor termice aferente acestora și de modul de exploatare de către ocupanții clădirii. Microclimatul din subzonele secundare este condiționat de starea anvelopei proprii subzonelor (elemente de construcție opace și transparente, fixe și mobile, SET a corpurilor de încălzire etc.) și se exprimă sub forma temperaturilor interioare medii lunare din aceste spații, determinate prin rezolvarea ecuațiilor de bilanț termic propriu subzonelor secundare.

Principiile metodologice menționate anterior se aplică atât clădirilor existente care se modernizează cât și clădirilor noi.

Parametrii climatici exteriori se utilizează sub forma mediilor lunare ale temperaturilor exterioare sau ale spațiilor solare (atunci când este cazul) și ale intensității radiației solare. Cei doi parametri se utilizează atât independent cât și sub forma temperaturilor exterioare echivalente care combină efectele simultane ale temperaturii exterioare și ale intensității radiației solare.

Ecuațiile de bilanț termic utilizate se referă la bilanțul fluxurilor termice iar durata sezonului de încălzire se determină din condiția egalității temperaturii caracteristică mediului interior al zonei principale cu cea caracteristică mediului exterior adiacent anvelopei zonei principale.

Necesarul anual normal de căldură se determină ca însumare a fluxurilor termice la nivelul anvelopei zonei principale la care se adaugă cantitatea de căldură furnizată de instalațiile termice din subzonele secundare, de asemenea la nivelul conturului termodinamic al acestora. Activitatea umană este caracterizată de fluxuri termice proprii care se scad din valoarea determinată anterior.

Consumul normal de căldură rezultă din valoarea necesarului anual de căldură corectată cu randamentul instalației termice și se referă la cantitatea de căldură la nivelul surselor de căldură (sobe, centrală termică sau racord la instalația de încălzire districtuală) incluse în spațiul clădirii.

Conform celor de mai sus, necesarul anual normal de căldură este un parametru termodinamic extensiv a cărui valoare depinde exclusiv de răspunsul termic al anvelopei clădirii și de componentele convectivă și radiativă ale aporturilor de căldură datorate activității umane din zona principală a clădirii.

Procedura de evaluare a necesarului anual de căldură este următoarea:

5.3.1 Încălzire continuă

Necesarul de căldură al unei incinte pe durata sezonului de încălzire se determină cu relația:

$$Q_s = 0,024 \cdot C \left(\frac{A_E}{R_s} + 0,33 \cdot n_a \cdot V \cdot B_{1s} \right) \cdot (\bar{\theta}_{iRS} - \bar{\theta}_{eRS}) \cdot D_z \quad [\text{kWh/an}] \quad (5.19)$$

în care:

- n_a este rata de ventilare a spațiilor care formează zona principală, sch/h;
 D_z este durata sezonului de încălzire, în zile;

Parametrii termodinamici și caracteristicile termice conținute în relația (5.28) sunt:

C - coeficient de corecție dat de expresia:

$$C = 0,96 \cdot C_R \cdot C_b \quad (5.20)$$

Coeficientul C_R ține seama de reducerea temperaturii interioare pe durata nopții și se determină din graficul din figura 5.1, în care N_{12}^{20} este numărul normal de grade-zile conform SR 4839-97.

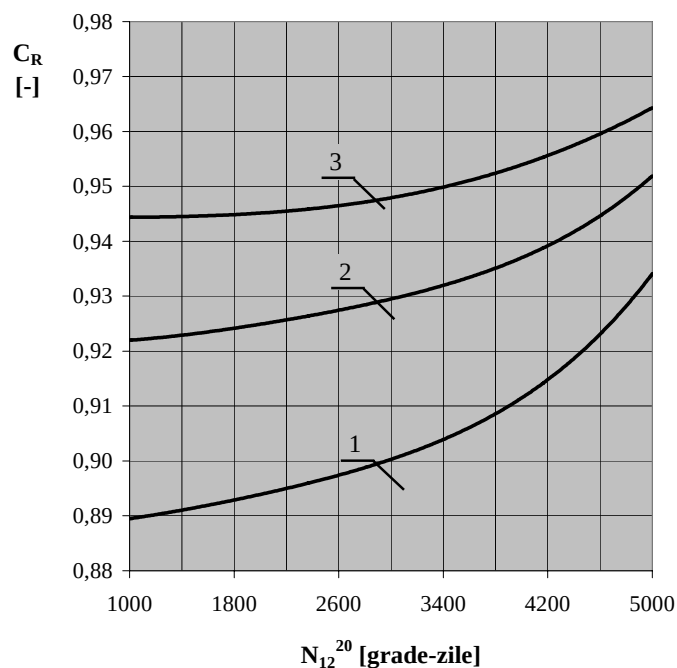


Fig. 5.1 – Influența reducerii temperaturii interioare pe durata nopții

cu $\Delta T_i = 2^\circ\text{C}$ ($\Delta T_{i \max} = 3^\circ\text{C}$), regim de încălzire continuă

- 1 - Punct termic / stație termică compactă / centrală termică locală – automatizate/sobe;
 2 - Punct termic cu reglaj manual;
 3 - Centrală termică de cartier neautomatizată.

Coeficientul C_b reprezintă coeficientul de corecție datorat prezenței balcoanelor deschise pe fațadele clădirii și are valorile:

$C_b = 1,00$ – clădiri fără balcoane sau cu balcoane închise;

$C_b = 1,03$ – clădiri cu balcoane deschise.

A_E - suprafața laterală totală a anvelopei incintei (inclusiv suprafața adiacentă spațiului

solar), în m²

$$\bar{R}_s = \frac{A_E}{\frac{A_E - A_{ss}}{\bar{R}_{CL}} + \frac{A_{ss}}{R'_p}} \quad (5.21)$$

în care:

- A_{ss} - suprafața aferentă spațiului solar, în m²;
- $\bar{R}_{CL}$ - rezistența termică corectată a structurii clasice (nesolare), în m²K/W;
- R'_p - rezistența termică corectată a elementelor de construcție care formează peretele solar, în m²K/W.

Temperatura exterioară medie corectată $\bar{\theta}_{eRS}$ în luna “k” se determină cu relația:

$$\bar{\theta}_{eRS_k} = \frac{\left[\frac{A_E}{\bar{R}_s} + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot (B_{1S} - 1) \right] \cdot \bar{\theta}_{ES_k} + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot \bar{\theta}_{eS_k}}{\frac{A_E}{\bar{R}_s} + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot B_{1S}} \quad (5.22)$$

în care:

$$\bar{\theta}_{eS_k} = \left(1 - \frac{V_s}{V} \right) \cdot \theta_{e_k} + \frac{V_s}{V} \cdot \bar{\theta}_{s_k} \quad (5.23)$$

- V - volumul liber al spațiului ocupat, în m³;
- V_s - volumul liber al spațiului ocupat care beneficiază de spațiul solar, în m³;
- θ_e - temperatura aerului exterior, în °C;
- θ_s - temperatura aerului provenit din spațiul solar, care se determină din graficul din figura 5.2, în °C;

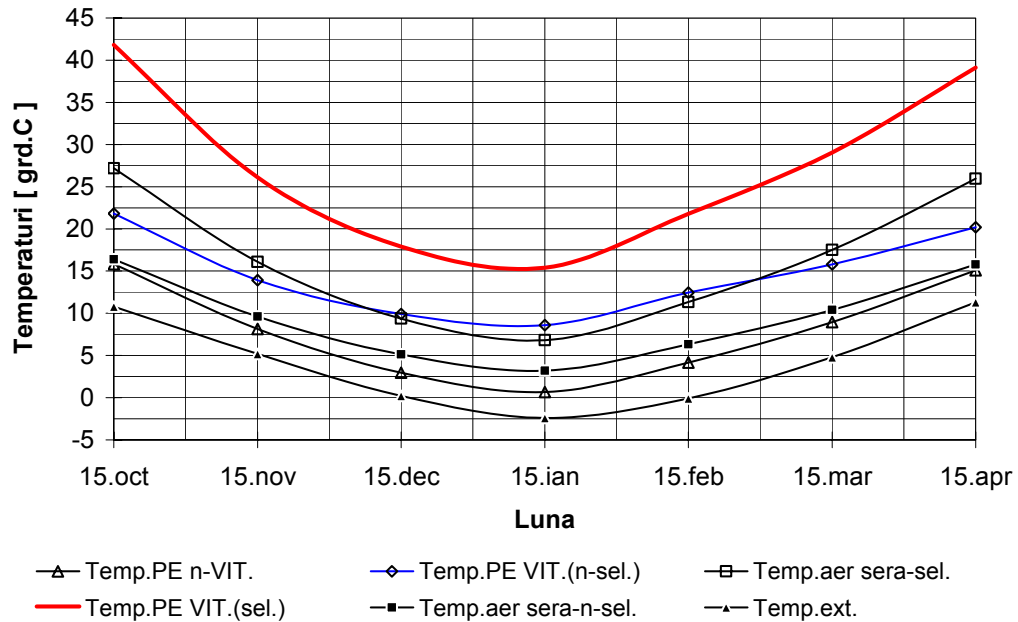


Figura 5.2 - Temperaturi caracteristice spațiului solar cu circulație de aer – perete SUD ($gc=1W/mp.K$).

$\bar{\theta}_{ES_k}$ temperatura echivalentă a elementelor de anvelopă determinată cu relația (5.24), în $^{\circ}C$.

$$\bar{\theta}_{ES_k} = \frac{\sum_j \theta_{ES_j} \cdot \frac{A_{E_j}}{R_{p_j}} + \theta_{ESS_k} \cdot \frac{A_{SS}}{R_p}}{\frac{A_E}{R_s}} \quad (5.24)$$

Indicele “ k ” semnifică numărul de ordine al unei luni calendaristice.

Suma de la numărător având indicele de însumare “ j ” se compune din elemente de anvelopă adiacente mediului exterior natural precum și din elemente de construcție adiacente spațiilor din zona secundară a clădirii (casa scărilor, culoare de trecere, subsol neîncălzit, pod neîncălzit etc.). În cazul în care clădirea este amplasată pe sol, valorile rezistențelor termice aferente transferului de căldură către pânza de apă freatică și către mediul exterior natural se determină în conformitate cu cele prevăzute la cap. 10 din „Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I”.

Temperaturile spațiilor care constituie zona secundară (maxim 3 spații) se determină în conformitate cu metodologia prezentată în cap. 10 din „Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I”.

Prezența rosturilor închise/deschise implică și determinarea temperaturii aerului din aceste zone adiacente clădirii, după cum urmează:

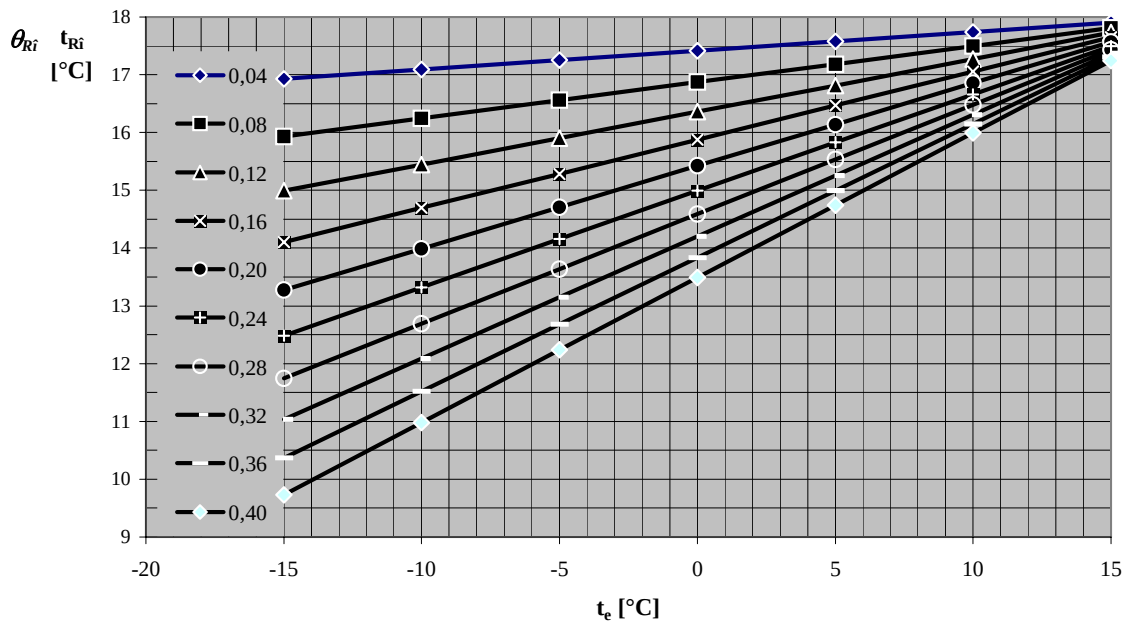


Figura 5.3 - Temperatura rostului de dilatație θ_{Ri} [°C] în funcție de temperatura exterioră, t_e , și de produsul $R_{Ri} \cdot d$

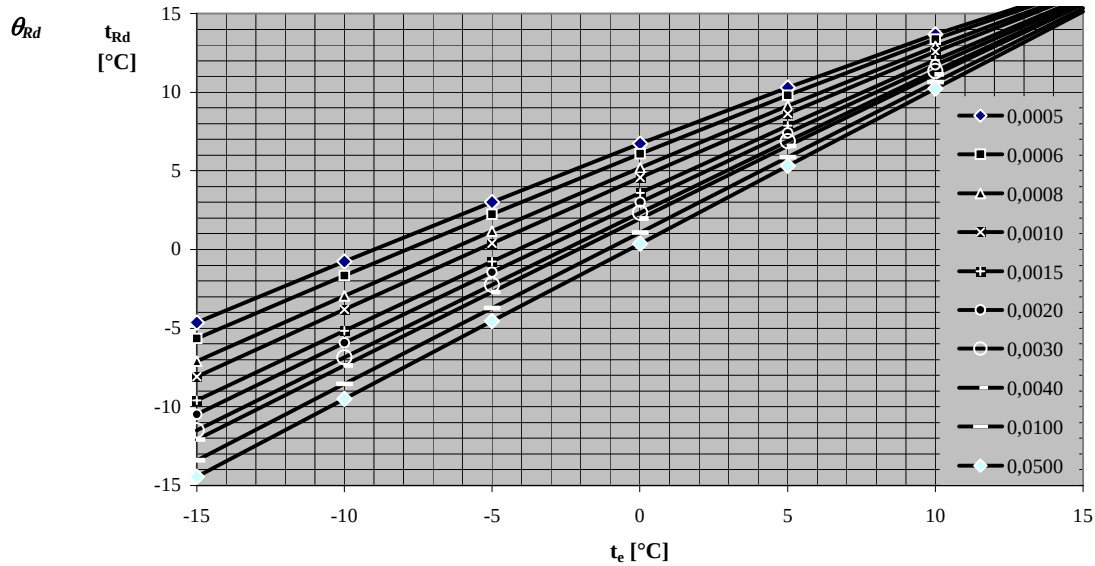


Figura 5.4 - Temperatura rostului de dilatație deschis funcție de temperatura exterioară, t_e ,

și de compl. $\theta_e [C] \cdot \frac{R_{R1}}{H}$

Temperatura echivalentă a spațiului solar, $\bar{\theta}_{ESS_k}$ se determină cu relația:

$$\bar{\theta}_{ESS_k} = \theta_{S_k} + C_{abs} \cdot \bar{I}_k \quad (5.25)$$

în care:

C_{abs} - caracteristica de absorbție a peretelui captator, în m^2K/W ;

$\bar{I}_k$ - intensitatea radiației solare pe plan vertical (valoare medie zilnică) în luna “k”, conform Anexe, Partea I a Metodologiei de calcul al eficienței energetice a clădirilor, în W/m^2 .

Caracteristica de absorbție depinde de temperatura peretelui absorbant (care se determină din graficul din figura 5.2) și se prezintă în graficul din figura 5.5.

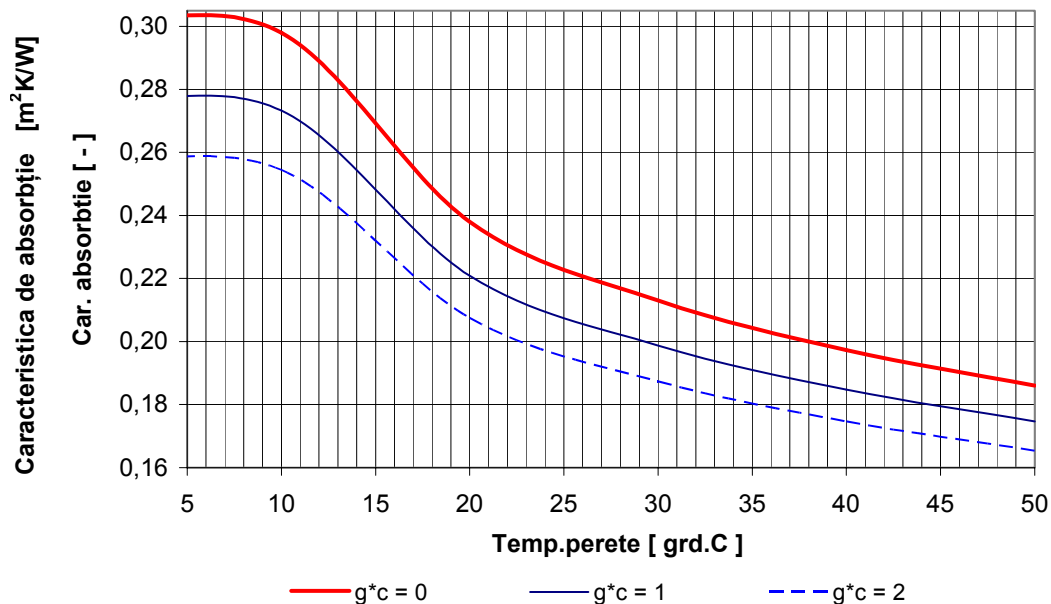


Fig. 5.5 - Variația caracteristicii de absorbție în funcție de temperatura suprafeței captatoare - suprafață captatoare neselectivă, vitraj simplu selectiv

Coeficientul B_{IS} se determină cu relația:

$$B_{IS} = 1 + \frac{1}{R} \cdot \frac{\frac{4,5 \cdot \bar{F}_R}{3,5 + 4,5 \cdot \bar{F}_R}}{1 + \left(\frac{A_T}{A_E} - 1 \right) - \frac{4,5 \cdot \bar{F}_R}{3,5 + 4,5 \cdot \bar{F}_R}} \cong 1 + 1,3 \cdot \frac{\bar{F}_R}{R} \quad (5.26)$$

în care:

A_T - suprafața laterală totală a spațiului ocupat, în m^2 ;

$\bar{F}_R$ - factor de formă mediu al spațiului ocupat, determinat cu relația:

$$\bar{F}_R = 0,2 \cdot (6 - N_{pi}) \quad (5.27)$$

în care:

N_{pi} - numărul de pereți interiori din zona principală a clădirii.

Temperatura interioară redusă se determină cu relația:

$$\theta_{iRS} = \theta_{i0} - \frac{aA_{loc}}{\frac{A_E}{R_s} + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot B_{IS}} \quad (5.28)$$

în care:

a - aportul de căldură liberă, (determinată conform Anexei II.5.E), în W/m^2 ;

A_{loc} - suprafața locuibilă, în m^2

Durata sezonului de încălzire D_z rezultă din intersecția curbelor $\bar{\theta}_{iRSk}$ și $\bar{\theta}_{eRSk}$, într-o diagramă în care în ordonată se înscriu valorile medii lunare ale celor două temperaturi și în abscisă lunile calendaristice. Suprafața cuprinsă între cele două curbe constituie numărul de grade-zile corectat caracteristic unei clădiri (cu referire la zona principală a clădirii) care are în dotare elemente pasive de captare a radiației solare, N_{GZC} .

În funcție de valoarea N_{GZC} , necesarul anual de căldură al zonei principale a unei clădiri se determină cu relația:

$$Q_S = 0,024 \cdot C \cdot \left(\frac{A_E}{R_S} + 0,33 \cdot n_a \cdot V \cdot B_{IS} \right) \cdot N_{GZC} \quad [\text{kWh}] \quad (5.29)$$

Necesarul de căldură lunar al spațiilor secundare dotate cu sistem de încălzire directă se determină cu relația:

$$Q_{S_k} = 0,024 \cdot \delta_{SC} \cdot Q_{0SC} \left[\omega(\theta_{e_k}) \cdot \theta_{SC}^{(k)} - \gamma(\theta_{e_k}) \right] \cdot D_z^{(k)} \quad (5.30)$$

în care coeficienții $\omega(\theta_{e_k})$ și $\gamma(\theta_{e_k})$ se determină din graficele a) și b) din figura A.10.2.1 din Anexa A.10.2 („Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I”), în funcție de zona climatică în care se află amplasată clădirea.

Q_{0SC} reprezintă necesarul de căldură de calcul al incintelor încălzite din zona secundară, determinat conform SR 1907-1 sau puterea termică reală instalată în aceste incinte, în W.

Valoarea medie lunară a temperaturii din spațiile secundare încălzite direct se determină cu relația 10.29 din cap. 10 din „Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor – Partea I”.

$$\delta_{SC} = \begin{cases} 1 & \text{– zona secundară este încălzită direct} \\ 0 & \text{– zona secundară nu este încălzită direct} \end{cases}$$

Necesarul anual de căldură pentru o clădire încălzită continuu se determină cu relația:

$$Q = Q_S + \sum_k Q_{S_k} \quad (5.31)$$

5.3.2 Încălzire discontinuă

Corectarea necesarului anual normal de căldură pentru încălzirea cu intermitență în funcție de programul de utilizare a clădirii se face numai pentru clădiri caracterizate de un program de ocupare discontinuu. Astfel, în cazul funcționării cu intermitență a instalației de încălzire interioară (după un program stabilit), se determină un coeficient de corecție a necesarului de căldură, β_k pentru fiecare lună “k” a sezonului de încălzire, cu relația:

$$\beta_k = \frac{t_f + t_{a(k)} \cdot \alpha_{0(k)} + t_{G(k)} \cdot \xi_{(k)} \cdot T_{iR(k)}^{-1}}{t_p} \quad (5.32)$$

în care

- t_f – durata medie de ocupare a clădirii în perioada t_p considerată, cu funcționare continuă a instalației de încălzire interioară [h],
- $t_{a(k)}$ – durata optimă de reîncălzire a clădirii în condiții climatice medii caracteristice lunii “k” [h],
- $t_{G(k)}$ – durata totală de funcționare a instalației de încălzire pentru asigurarea temperaturii interioare de gardă, θ_{ig} , în condiții climatice medii caracteristice lunii “k” [h/zi],
- t_p – durata considerată pentru determinarea coeficientului de corecție (ex. pentru o clădire de birouri: zi a săptămânii – 24h, sfârșit de săptămână – 72h),
- T_c – constanta de timp a construcției [h].

Mc - capacitatea termică a elementelor de construcție interioare și exterioare care influențează variația temperaturii aerului interior în cazul intermitenței în funcționare a instalației de încălzire, determinată ca suma produselor dintre masa activă, M [kg], a elementelor de construcție care resimt variațiile diurne ale temperaturii aerului și capacitatea termică, c [J/kg K], a acestora.

$$Mc = \sum_m \left(A_m \cdot \sum_p \rho_{pm} \cdot \delta_{pm} \cdot c_m \right) \quad (5.33)$$

ρ_p - densitatea materialului “ p ” din zona activă [kg/m³];

δ_p - grosimea materialului “ p ” din zona activă [m];

A_m - suprafața interioară a elementului de construcție “ m ” [m²]

Pentru beton, cărămidă, BCA, $\delta_{pm} \leq 0,10$ m

Pentru materiale termoizolante $\delta_{pm} \leq 0,05$ m

$$\alpha_{0(k)} = \frac{Q_0}{Q_{inc}^{(k)}} \quad (5.34)$$

$$Q_{inc}^{(k)} = \left(\frac{A_E}{R} + 0,33 \cdot B_1 \cdot n_a \cdot V \right) \cdot C \cdot [\theta_{i_R} - \theta_{e_R}^{(k)}] \quad (5.35)$$

$$T_{i_R(k)} = \frac{\theta_{i_R} - \theta_{e_R}^{(k)}}{\theta_i - \theta_{e_R}^{(k)}} \quad (5.36)$$

$$T_c = \frac{1}{3600} \cdot \frac{Mc}{\frac{A_E}{R} + 0,33 \cdot B_{1S} \cdot n_a \cdot V_{inc}} \quad [\text{h}] \quad (5.37)$$

$$E = \exp\left(-\frac{24 - t_f}{T_c}\right) \quad (5.38)$$

$$\xi_{(k)} = \frac{\theta_{i_G} - \theta_{e_R}^{(k)}}{\theta_i - \theta_{e_R}^{(k)}} \quad (5.39)$$

θ_{i_G} reprezintă temperatura interioară de gardă, necesar a fi realizată de instalația de încălzire pe durata de neocupare a spațiului încălzit. Pentru cazul general se poate considera valoarea:

$$\theta_{i_G} = 12^\circ\text{C} \quad (5.40)$$

Determinarea duratelor $t_{a(k)}$ și $t_{G(k)}$ se face în funcție de verificarea următoarei inegalități:

$$\theta_{e_R}^{(k)} + [\theta_i - \theta_{e_R}^{(k)}] \cdot \frac{E}{1 + \frac{E-1}{\alpha_{0(k)} \cdot T_{i_R(k)}}} \geq \theta_{i_G} \quad (5.41)$$

Cazul 1: Inegalitatea (5.41) se verifică:

$$t_{a_{(k)}} = -T_c \cdot \ln \left(1 + \frac{E-1}{\alpha_{0_{(k)}} \cdot T_{i_{R(k)}}} \right) \quad (5.42)$$

$$t_{G_{(k)}} = 0$$

Cazul 2: Inegalitatea (5.41) nu se verifică:

$$t_{a_{(k)}} = -T_c \cdot \ln \left(\frac{1 - \alpha_{0_{(k)}} \cdot T_{i_{R(k)}}}{\xi_{(k)} - \alpha_{0_{(k)}} \cdot T_{i_{R(k)}}} \right) \quad (5.43)$$

$$t_{G_{(k)}} = t_p - t_f + T_c \cdot \ln \left[\xi_{(k)} \right] - t_{a_{(k)}}$$

Coeficienții β_k determinați pentru fiecare lună k din sezonul de încălzire vor afecta numărul de grade zile aferent fiecărei luni în parte. Numărul corectat anual de grade zile caracteristic clădirii considerate pentru încălzirea cu intermitență a spațiilor va fi determinat conform pct. 5.3.2.

5.4. Metodologie de determinare a consumului anual normal de căldură pentru prepararea apei calde de consum

5.4.1. Clădiri de locuit

5.4.1.1. Ipoteze fundamentale ale metodei propuse

A. Cantitatea de căldură facturată este cantitatea de căldură consumată la nivelul clădirii expertizate indiferent de dotarea acesteia cu aparatură de măsură.

B. Temperatura apei calde livrate la consum se consideră cu valoarea utilă t_{ac0} care poate să coincidă sau nu cu valoarea reală a temperaturii apei calde. Ipoteza se susține prin faptul că analiza nu vizează consumul de apă, ci exclusiv bilanțul cantitativ de căldură (având ca suport ipoteza A.), iar cantitatea de căldură nu se consideră ca fiind o funcție de temperatura de livrare a apei calde de consum.

C. Valorile cantităților de căldură considerate în calcule vizează cel puțin **5 ani** consecutivi, în scopul apropierii de condițiile climatice caracteristice anului tip utilizat pentru determinarea consumului de căldură pentru încălzirea spațiilor locuite.

D. Numărul de persoane aferent clădirilor de locuit, N_p , se determină ca valoare medie, printr-o procedură de normalizare, în funcție de indicele mediu (statistic) de ocupare a suprafeței locuibile a clădirilor.

5.4.1.2. Tipuri de clădiri reprezentative

I) În cazul blocurilor de locuințe ale căror instalații sunt racordate la sistemul de încălzire districtuală (PT/CT), la care instalația de apă caldă nu este dotată cu contor de căldură general la nivel de bloc / scară de bloc, procedura utilizată este următoarea:

a. Se determină pierderea de apă caracteristică instalației interioare de distribuție a apei calde de consum. Măsurările se realizează pe durata de 5 - 10 zile consecutive și vizează valorile cvasiconstante ale consumului de apă din intervalul de noapte $1^{00} - 5^{00}$.

Condiții necesare:

- accesibilitate la racordul de apă caldă din subsolul tehnic;*)
- livrarea apei calde în regim continuu de la PT/CT fără întreruperi de noapte;**)
- racord unic pentru blocul / scara de bloc care face obiectul expertizei***)

*) În cazul în care nu este posibilă realizarea măsurării (subsol inundat, condiții de igienă nerespectate, opoziția locatarilor etc.) se consideră o pierdere arbitrară de 30 l/pers.zi (cu referire la N_p).

**) În cazul livrării apei conform unui program limitativ:

- vizita în câteva apartamente (~30%): armături în stare bună - pierderile reprezintă 5 l/pers.zi x ($n_{apă}/24$); $n_{apă}$ - număr zilnic de ore de livrare a apei calde (medie anuală),
- armături defecte în apartamentele vizitate (subsol umed) pierderea va fi de 30 l/pers.zi x ($n_{apă}/24$)

***) În cazul unei distribuții care excede blocul expertizat pierderile măsurate se repartizează proporțional cu apartamentele racordate la sistem sau se utilizează măsurarea diferențială cu două debitmetre (amonte, aval) înregistratoare.

b. Se determină cantitatea de căldură disipată de la conductele de distribuție din subsol (inclusiv conducta de recirculare, dacă este funcțională) și de la coloanele de distribuție din clădire:

$$Q_{Psb} = \frac{2 \cdot \pi}{1000} \cdot A_{sb} \cdot \sum_k n_{h_k} (t_{ac0} - t_{sb_k}) , \text{ [kWh/an]} \quad (5.44)$$

$$Q_{Pcol} = \frac{2 \cdot \pi}{1000} \cdot A_{col} \cdot \sum_k n_{h_k} (t_{ac0} - t_{i_k} - 5) , \text{ [kWh/an]} \quad (5.45)$$

în care:

$$t_{ac0} = 55^\circ\text{C} \quad (5.46)$$

$$A_{sb(col)} = \sum_j \frac{L_j}{\frac{1}{\lambda_{izj}} \cdot \ln \left(1 + 2 \cdot \frac{\delta_{izj}}{d_{cj}} \right) + \frac{0,33}{d_{ej}}} , \text{ [W/K]} \quad (5.47)$$

n_{h_k} - numărul mediu de ore de livrare a apei calde în luna "k" [h/lună]

t_{sb_k} - temperatura medie a subsolului tehnic în luna "k" a anului tip din clădirea analizată determinată după cum urmează:

- în sezonul rece, conform procedurii de calcul pentru determinarea consumului de căldură pentru încălzirea spațiului locuit;
- în sezonul cald se consideră valorile medii astfel:

Tabel 5.1

Zona climatică	I	II	III	IV
$t_{sb} [^\circ\text{C}]$	23	23	20	19

t_{i_k} - temperatura din spațiul locuit egală cu valoarea normală t_{i_0} în sezonul rece și cu valorile din tabelul 5.2 pentru sezonul cald.

Tabel 5.2

Zona climatică	I	II	III	IV
$t_i [^\circ\text{C}]$	25	25	22	21

c. Se determină cantitatea de căldură normalizată corectată

$$Q_{acm}^{f.c} = Q_{acm}^f \cdot \frac{N_P}{N_P^{Real}} - (Q_{Psb} + Q_{Pcol}) , \text{ [kWh/an]} \quad (5.48)$$

în care:

Q_{acm}^f - cantitatea anuală medie de căldură facturată la nivel de bloc [kWh/an],

N_P^{Real} - numărul real de persoane aferent clădirii, determinat ca valoare medie pe perioada de facturare considerată (minim 5 ani),

N_P - numărul mediu normalizat de persoane aferent clădirii, determinat funcție de indicele mediu (statistic) de ocupare a locuințelor, după cum urmează:

- se determină suprafața utilă a camerelor de locuit (camere de zi, dormitoare etc.), S_{Loc} [m²];

- Se determină indicele mediu de locuire, i_{Loc} , din tabelul C.1 din anexa II.3.C, în funcție de tipul clădirii (individuală, înșiruită sau bloc) și de amplasarea acesteia (județ și mediu - urban sau rural);

- Numărul mediu normalizat de persoane aferent clădirii se determină cu relația:

$$N_P = S_{Loc} \cdot i_{Loc} \quad (5.49)$$

d. Se determină consumul de apă normalizat la temperatura convențională t_{ac0} :

$$V = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot Q_{acm}^{f,c}}{\rho \cdot c \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_r)} \quad , \quad [m^3/an] \quad (5.50)$$

ρ - densitatea apei la temperatura $\bar{t} = 0,50 \cdot (t_{ac0} + \bar{t}_r)$, [kg/m³]

c - căldura specifică masică a apei la temperatura $\bar{t}$ [J/kgK]

$\bar{t}_r$ - temperatura medie a apei reci pe durata anului [°C].

Observație:

Conceptul de echivalare a debitului de apă caldă la temperatura t_{ac} la temperatura t_{ac0} se bazează pe echivalența entalpiei masice:

$$q_{ac} \cdot t_{ac} \cdot c = q_{ac0} \cdot t_{ac0} \cdot c \quad \text{și} \quad q_{ac0} = q_{ac} \cdot \frac{t_{ac}}{t_{ac0}} \quad ; \quad (5.51)$$

În procedura de față se utilizează echivalarea prin necesar de căldură:

$$q'_{ac} \cdot c \cdot (t_{ac} - \bar{t}_r) = q'_{ac0} \cdot c \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_r) \quad \text{și} \quad q'_{ac0} = q_{ac} \cdot \frac{t_{ac} - \bar{t}_r}{t_{ac0} - \bar{t}_r} \quad (5.52)$$

Rezultă:

$$q'_{ac0} = q_{ac0} \cdot \frac{t_{ac} - \bar{t}_r}{t_{ac0} - \bar{t}_r} \cdot \frac{t_{ac0}}{t_{ac}} \quad (5.53)$$

e. Se determină pierderea de apă măsurată sub forma cantității de apă pierdută pe durata unui an.

$$V_P = g_P \cdot n_{h_z} \cdot 365 \quad , \quad [\text{m}^3/\text{an}] \quad (5.54)$$

g_P - pierdere medie de apă măsurată $[\text{m}^3/\text{h}]$

n_{h_z} - număr mediu de ore de livrare a apei într-o zi $[\text{h}/\text{zi}]$

f. Se determină cantitatea de apă caldă normalizată, la nivelul punctelor de consum din apartamente, la temperatura t_{ac0} :

$$V_{Loc} = V - V_P \quad , \quad [\text{m}^3/\text{an}] \quad (5.55)$$

g. Se determină consumul specific normalizat de apă caldă echivalent din punct de vedere al entalpiei masice:

$$q_{acL} = \frac{1}{0,365} \cdot \frac{V_{Loc}}{N_P} \quad , \quad [\text{l}/\text{pers.zi}] \quad (5.56)$$

h. Se determină consumul mediu specific normalizat de căldură pentru apă caldă:

$$i_{acm} = \frac{Q_{acm}^f}{S_{inc}} \cdot \frac{N_P}{N_P^{Real}} \quad , \quad [\text{kWh}/\text{m}^2\text{an}] \quad (5.57)$$

i. Se determină eficiența energetică a instalațiilor de livrare a apei calde:

$$\varepsilon_{acm} = \frac{V_{Loc} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_r)}{3,6 \cdot 10^6 \cdot Q_{acm}^f \cdot \frac{N_P}{N_P^{Real}}} \quad , \quad [-] \quad (5.58)$$

Observatii:

1. În lipsa contorizării se admite ca efectivă valoarea Q_{acm}^f $[\text{kWh}/\text{an}]$.

2. Din același motiv se admite ca efectivă valoarea V determinată pe baze convenționale, asociată însă cu valoarea V_P care este reală și obiectivă indiferent de valorile de mai sus.

II) În cazul blocurilor de locuințe ale căror instalații sunt racordate la sistemul de încălzire districtuală (PT/CT), la care instalația de apă caldă este dotată cu contor general de căldură, procedura utilizată este următoarea:

a. Identic cu pct. I) a.

b. Se determină temperatura medie a apei calde livrate la consum din ecuația:

$$Q_{acm}^f = \frac{V}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \rho \cdot c \cdot (\bar{t}_{ac} - \bar{t}_r) + Q_{Psb} + Q_{Pcol} \quad , \quad [\text{kWh/an}] \quad (5.59)$$

în care:

$\bar{t}_{ac}$ - temperatura medie a apei calde consumate [$^{\circ}\text{C}$]

$\bar{t}_r$ - temperatura medie a apei reci (anuală) [$^{\circ}\text{C}$]

V - consumul anual de apă caldă, conform citirii debitmetrului contorului de căldură [m^3/an]

Q_{Psb} , Q_{Pcol} - "pierderi de căldură" către subsol și coloanele verticale de distribuție, conform pct. I) b. [kWh/an].

c. Se determină pierderea efectivă de apă caldă:

$$V_P = g_P \cdot n_{h_{zi}} \cdot 365 \quad , \quad [\text{m}^3/\text{an}] \quad (5.60)$$

d. Se determină consumul normalizat de apă caldă în apartamente:

$$V_{Loc} = V \cdot \frac{N_P}{N_P^{Real}} - V_P \quad , \quad [\text{m}^3/\text{an}] \quad (5.61)$$

e. Se determină indicele specific normalizat de consum de apă caldă la echivalență entalpică:

$$q_{acL} = 2,74 \cdot \frac{V_{Loc}}{N_P} \cdot \frac{\bar{t}_{ac}}{t_{ac0}} \quad , \quad [\text{l/pers.zi}] \quad (5.62)$$

în care:

$\bar{t}_{ac}$ - temperatura medie efectivă a apei calde determinată conform ec. (5.59) pct. II) b.

t_{ac0} - temperatura convențională a apei calde ($\sim 55^{\circ}\text{C}$)

f. Se determină indicele mediu specific normalizat de căldură:

$$i_{acm} = \frac{Q_{acm}^f}{S_{inc}} \cdot \frac{N_P}{N_P^{Real}} \quad , \quad [\text{kWh}/\text{m}^2\text{an}] \quad (5.63)$$

g. Se determină eficiența energetică a instalației:

$$\varepsilon_{acm} = \frac{V_{Loc} \cdot \frac{\bar{t}_{ac}}{t_{ac0}} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_r)}{3,6 \cdot 10^6 \cdot Q_{acm}^f \cdot \frac{N_P}{N_P^{Real}}} \quad , \quad [-] \quad (5.64)$$

Observatii:

1. Indicele q_{ac_L} este comparabil cu cel determinat la cazul I) deoarece s-a admis (în cazul I) temperatura de livrare t_{ac_0} .

2. Valorile ε_{acm} (caz II și caz I) sunt comparabile.

III) Cazul blocurilor de locuințe dotate cu centrală termică proprie cu boiler

III.1) Combustibilul utilizat - gazele naturale

a. În cazul blocurilor cu mai multe apartamente ($n_{ap} \geq 10$) se determină pierderile de apă din instalație conf. I) a¹⁾; pentru $n_{ap} < 10$ acestea se estimează.

b. Se determină consumul mediu zilnic de gaze naturale pentru prepararea hranei, utilizând procedura următoare:

- măsurările vizează strict sezonul de vară (în care nu se asigură încălzirea spațiului locuit);
- prepararea apei calde se concentrează în orele de noapte (23⁰⁰ - 5⁰⁰) pe durata de 10 - 14 zile consecutive, în restul orelor cazanul nu funcționează (se întrerupe fie alimentarea electrică - la cazane moderne, fie alimentarea cu gaze - la cazane vechi);
- în fiecare zi se urmărește consumul de gaze la contorul central între orele 6⁰⁰ - 23⁰⁰.
- Se stabilește consumul mediu de gaze pe zi de sezon cald $c_{gaz\ hv}$ [m³/zi]

c. Se determină consumul de gaze pentru prepararea hranei în sezon cald:

$$C_{gaz.h.v} = c_{gaz\ hv} \cdot N_{zv} , \quad [m^3/sezon.v] \quad (5.65)$$

în care:

N_{zv} - numărul de zile din sezonul cald [zile/an]

$$N_{zv} = 365 - N_{zi} \quad (5.66)$$

d. Se determină consumul normal de gaze pentru prepararea hranei în sezonul rece^{*)}:

$$C_{gaz.h.i} = \alpha \cdot c_{gaz.h.v} \cdot N_{zi} , \quad [m^3/sezon.i] \quad (5.67)$$

în care:

$$\alpha \approx 1,20 \quad (5.68)$$

N_{zi} - numărul de zile din sezonul rece [zile/an]

e. Se determină consumul de gaze normalizat pentru prepararea apei calde în sezonul cald:

$$C_{gaz.acm.v} = (C_{gaz.v}^f - C_{gaz.h.v}) \cdot \frac{N_P}{N_P^{Real}} , \quad [m^3/sezon.v] \quad (5.69)$$

¹⁾ cu adaptare la situația concretă.

^{*)} opțional.

în care:

$C_{gaz.v}^f$ - consumul de gaze facturat în sezonul cald (mediu) [m³/sezon]

$C_{gaz.h.v}$ - consumul de gaze pentru prepararea hranei în sezonul cald [m³/sezon] conf. III.1) c.

f. Se admite pentru apa caldă temperatura convențională de livrare t_{ac0} . Consumul de gaze este proporțional cu consumul de apă și cu temperatura apei reci. Rezultă:

$$C_{gaz.acm.i} = C_{gaz.acm.v} \cdot \frac{n_{h_i} \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_{r_i})}{n_{h_v} \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_{r_v})} \quad (5.70)$$

în care:

$C_{gaz.acm.i}$ - consumul de gaze pentru producerea apei calde de consum în sezonul rece [m³/sezon]

n_{h_i} - numărul de ore din sezonul rece:

$$n_{h_i} \sim N_{z,i} \quad (5.71)$$

n_{h_v} - numărul de ore din sezonul cald:

$$n_{h_v} \sim (365 - N_{z,i}) \quad (5.72)$$

$\bar{t}_{r_i}$ - temperatura medie a apei reci în sezonul de încălzire [°C]

$\bar{t}_{r_v}$ - temperatura medie a apei reci în sezonul cald [°C]

$$t_{ac0} \approx 55^\circ\text{C} \quad (5.73)$$

$C_{gaz.acm.v}$ - consumul de gaze mediu normalizat pentru prepararea apei calde în sezonul cald [m³/sezon] - conf. relației (5.69) pct. III.1) e.

g. Se determină consumul anual normalizat de gaze pentru prepararea apei calde [m³/an]:

$$C_{gaz.acm.an} = \frac{N_P}{N_P^{Real}} \cdot \left[C_{gaz.v}^f - C_{gaz.h.v} \cdot (365 - N_{z,i}) \right] \cdot \left[1 + \frac{N_{z,i} \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_{r_i})}{(365 - N_{z,i}) \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_{r_v})} \right] \quad (5.74)$$

h. Consumul de căldură normalizat se determină funcție de tipul și vechimea cazanului:

$$Q_{acm} = \eta_{cz} \cdot P_{ci,gaz} \cdot C_{gaz.acm.an} \cdot \beta \quad (5.75)$$

η_{cz} - randamentul mediu al sistemului de preparare a apei calde de consum

- η_{cz} (vechi cu funcționare manuală și fără reglare a excesului de aer) = 0,65
- η_{cz} (noi cu funcționare automatizată) = 0,80

P_{ci} - putere calorifică inferioară , [J/m³];

$$\beta = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6} \quad (5.76)$$

i. Se determină pierderile de căldură din subsol și pe traseul coloanelor de distribuție (Q_{psb} și Q_{pcol}), conform I) b, și specifice boilerului $Q_{pboiler}$, conform cap. 5.4.3.

j. Se determină consumul normalizat de apă caldă:

$$V = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot Q_{acm}^{(c)}}{\rho \cdot c \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_r)} , \quad [m^3/an] \quad (5.77)$$

în care

$$Q_{acm}^{(c)} = Q_{acm} - (Q_{psb} + Q_{pcal} + Q_{boiler}) \quad (5.78)$$

k. Se determină consumul normalizat de apă caldă (la temperatura convențională t_{ac0}):

$$V_{Loc} = V - V_p , \quad [m^3/an] \quad (5.79)$$

în care:

V_p - pierderea de apă determinată conform III.1) a. Pentru blocuri cu număr redus de apartamente ($n_{ap} < 10$) - se estimează pierderile funcție de starea armăturilor:

- Stare bună: $v_p \approx 2$ l/pers.zi,
- Stare mediocră (reparații frecvente, armături vechi):
 $v_p \approx 5$ l/pers.zi,
- Stare proastă (scurgeri evidente): $v_p \approx 10$ l/pers.zi.

l. Se determină indicele de consum normalizat de căldură:

$$i_{acm} = \frac{Q_{acm}}{S_{inc}} , \quad [kWh/m^2an] \quad (5.80)$$

m. Se determină indicele mediu normalizat de consum de apă caldă conform relației (5.56), pct. I) g.

n. Se determină eficiența instalației de preparare a apei calde:

$$\varepsilon_{acm} = \frac{V_{Loc} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{ac0} - \bar{t}_r)}{P_{ci\,gaz} \cdot C_{gaz.acm.an}}, \quad [-] \quad (5.81)$$

III.2) Combustibilul utilizat la cazan - combustibil lichid - (boiler în dotare)

a. Idem III.1) a – cu adaptare la situația concretă.

b. Calculul se desfășoară conform pct. III.1) g ... III.1) n, cu diferența că în relația (5.74) în locul termenului “ $C_{gaz.v}^f - c_{gaz.h.v} \cdot (365 - N_{z.i})$ ” se utilizează cantitatea de combustibil lichid consumată pentru producerea apei calde de consum în sezonul cald, conform facturilor care atestă cantitățile de combustibil cumpărate în sezonul cald sau conform determinărilor care se desfășoară pe o durată de 10-14 zile consecutive din sezonul cald. Aceste măsurări vizează cantitatea de combustibil consumată în medie într-o zi în sezonul cald, care se utilizează apoi în relația (5.74).

IV) Cazul clădirilor de locuit individuale /șir (duplex) dotată cu încălzire centrală (boiler)

IV.1) Combustibil - gaze naturale

Conform III.1) b ... III.1) n, cu valorile V_p determinate conform III.1) k - blocuri cu număr redus de apartamente - fără efectuarea de măsurări de pierderi de apă.

IV.2) Combustibil lichid

Conform III.2), cu observația de la IV.1).

V) Cazul clădirilor de locuit individuale /șir (duplex) dotate cu sisteme locale de preparare a apei calde

V.1) Combustibil gazos

Determinarea consumului de căldură pentru prepararea apei calde de consum se face conform IV.1), dar fără pierderi de căldură în spațiul subsolului și a coloanelor de distribuție a apei. Randamentul este $\eta = 0,60$ pentru cazane vechi și $\eta = 0,80$ pentru aparate de tip *Vaillant*. În cazul preparării instantanee a apei calde, se exclud și pierderile datorate boilerului.

Observație: Determinarea consumului zilnic de gaze pentru prepararea apei calde se face printr-un program fixat de comun acord cu ocupanții.

V.2) Combustibil lichid

Conform IV.2), fără pierderi de căldură în subsol și pe coloane. Se mențin pierderile din boiler, în cazul existenței acestuia.

V.3) Combustibil solid (cazan local în baie)

Se cuantifică consumul de lemne / cărbuni pe durata de vară de 10 -14 zile cu identificarea tipului de lemn și de cărbune. Randamentul $\eta_{\text{cazan}} \approx 0,50$.

VI) Cazul clădirilor de locuit individuale fără sistem de preparare a apei calde

Se consideră un consum de 20 l/pers.zi apă de 60°C, preparată:

- pe aragaz: $\eta = 0,50$
- pe sobe cu gaze: $\eta_{\text{sobe}} = 0,65^{*)}$
- pe sobe cu combustibil solid: $\eta_{\text{sobe}} = 0,50^)$

^{*)} Nu se utilizează soba exclusiv pentru încălzirea apei - se utilizează și pentru prepararea hranei.

5.4.2. Clădiri cu altă destinație decât cea de locuit

- Procedura este similară cu cea aplicată în cazul clădirilor de locuit, utilizându-se facturile de căldură sau combustibil precum și pierderile de apă din instalație, determinate conform metodei prezentate - pentru clădiri independente;
- Pentru spații din cadrul unor clădiri având destinații diferite, se utilizează tot sistemul de facturi, ținându-se seama de procedurile legale de defalcare a cheltuielilor (magazine, birouri etc.). Practic fiecare spațiu devine independent din punct de vedere al facturării căldurii, apei calde și combustibilului (după caz).

5.4.3. Determinarea pierderilor prin mantaua boilerului

5.4.3.1. Boiler amplasat în subsolul clădirii

Cantitatea anuală de căldură disipată prin mantaua boilerului amplasat în subsolul unei clădiri existente (spațiu rece) se determină cu relația:

$$Q_{P.boiler} = \frac{0,001 \cdot S_{Lat}}{0,10 + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} \cdot \sum_k n_{h_k} \cdot (t_{acb} - t_{sb_k}) , \quad [\text{kWh/an}] \quad (5.82)$$

în care:

S_{lat} - suprafața laterală a boilerului fără izolație termică [m^2]

δ_m - grosimea peretelui boilerului (metal) [m]

δ_{iz} - grosimea medie a izolației [m]

λ_m - conductivitate termică a metalului [W/mK]

λ_{iz} - conductivitatea termică a izolației funcție de starea acesteia [W/mK]

t_{acb} - temperatura medie a apei din boiler

$$t_{acb} \approx 0,70 \cdot t_{ac0} \quad (\text{cu } t_{ac0} = 55^\circ\text{C} \dots 60^\circ\text{C})$$

5.4.3.2. Boiler amplasat în spațiul locuit al clădirii

Cantitatea anuală de căldură disipată prin mantaua boilerului amplasat în spațiul locuit al unei clădiri existente se determină cu o relație similară cu (5.82), cu diferența că t_{sbk} se înlocuiește cu t_i conform cap. 5.4.2, pct. I) b.

BIBLIOGRAFIE

1. * * *, Studiu pentru realizarea unui proiect de reabilitare energetică a unei clădiri de locuit, *Contr. INCETC - EIEE Denmark Nr. 6641/1993*, Ian. 1994.
2. * * *, Studiu privind utilizarea rațională și eficientă a energiei termice la consumatori casnici, instituții și industriali, *contr. INCERC - Primăria Municipiului București nr. 563/1999*.
3. * * *, *Energy Auditor Workbook, W.S.U.E.P.*, 1994.
4. * * *, *Architect's and Engineer's Guide for Energy Conservation in Existing Buildings, US DOE*, 1989.
5. NP 048-2000, Normativ pentru expertizarea termică și energetică a clădirilor existente și a instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora.

**Caracteristicile termofizice echivalente ale materialelor care intră
în componența elementelor de construcție opace afectate de punți termice**

1. Conductivitatea termică

În cazul elementelor de închidere de tip omogen conductivitatea termică echivalentă se determină cu relația:

$$\lambda = \frac{\delta}{R' - \left[R_{si} + R_{se} + \sum_i \left(\frac{\delta}{\lambda} \right)_i \right]} \quad (\text{A.1})$$

în care:

- δ este grosimea materialului omogen, în m;
- δ_i este grosimea stratului de protecție/finisaj (tencuială), în m;
- R' este rezistența termică corectată a elementului de închidere (conform C 107/3), în $\text{m}^2\text{K/W}$;
- R_{si} este rezistența termică superficială la fața adiacentă mediului interior, în $\text{m}^2\text{K/W}$;
- R_s este rezistența termică superficială la fața adiacentă mediului exterior, în $\text{m}^2\text{K/W}$;
- λ_i este conductivitatea termică a materialului stratului de finisaj, în W/(mK) .

În cazul elementelor de construcție neomogene (multistrat) efectul punților termice se transferă stratului de material termoizolant a cărui conductivitate termică se determină cu relația:

$$\lambda_{iz} = \frac{\delta_{iz}}{R' - \left[R_{si} + R_{se} + \sum_i \left(\frac{\delta}{\lambda} \right)_i \right]} \quad (\text{A.2})$$

în care:

- δ_{iz} este grosimea stratului de material termoizolant, în m;
- δ_i este grosimea straturilor de material altele decât stratul termoizolant, în m;
- λ_i este conductivitatea termică a straturilor de material altele decât stratul termoizolant, în W/(mK) .

Restul notațiilor se păstrează ca și în cazul 1.

2. Densitatea

Elemente de închidere omogene:

$$\dot{\rho} = \frac{\frac{M}{A} - \sum_i \delta_i \cdot \rho_i}{\delta} \quad (\text{A.3})$$

în care:

- δ_i este grosimea stratului de finisaj/protecție, în m;
- δ este grosimea stratului de material omogen, în m;
- A este aria suprafeței de transfer de căldură (conform C 107/3), în m^2 ;
- ρ_i este densitatea stratului de material de finisaj/protecție, în kg/m^3 ;
- M este masa totală a elementului de închidere, în kg.

Elemente de închidere neomogene (multistrat):

$$\dot{\rho}_{iz} = \frac{\frac{M}{A} - \sum_i \delta_i \cdot \rho_i}{\delta_{iz}} \quad (\text{A.4})$$

în care notațiile sunt cele anterioare

3. Căldura specifică masică

Elemente de închidere omogene:

$$\dot{c} = \frac{\frac{A}{\frac{M}{A} - \sum_i \delta_i \cdot \rho_i} \left(\sum_j M_j \cdot c_j - \sum_i M_i \cdot c_i \right)}{\quad} \quad (\text{A.5})$$

în care:

- M_j este masa fiecărui strat de material din structura reală, în kg;
- c_j este căldura specifică masică a fiecărui material din structura reală, în J/(kgK);
- M_i este masa fiecărui strat de material de finisaj/protecție, în kg;
- c_i este căldura specifică masică a fiecărui material din straturile de finisaj/protecție, în J/(kgK);

Restul notatiilor sunt ca la pct. 1.

Elemente de închidere neomogene:

$$\dot{c}_{iz} = \frac{\frac{A}{\frac{M}{A} - \sum_i \delta_i \cdot \rho_i} \left(\sum_j M_j \cdot c_j - \sum_i M_i \cdot c_i \right)}{\quad} \quad (\text{A.6})$$

în care:

- M_i este masa fiecărui strat de material, mai puțin stratul termoizolant, în kg;
- c_i este căldura specifică masică a fiecărui material din straturile paralele mai puțin cel din stratul termoizolant, în J/(kgK);
- ρ_i este densitatea fiecărui material din straturile paralele mai puțin cel din stratul termoizolant, în kg/m³.

Transformarea unei structuri neomogene (multistrat) într-o structură echivalentă omogenă. Metodă aproximativă

Simbolul “ M ” semnifică structura echivalentă modificată. Restul indicilor se referă la structura reală multistrat. Structura echivalentă omogenă este caracterizată de o succesiune de straturi ale căror proprietăți termofizice sunt identice, respectiv λ_M, ρ_M, c_M . Straturile reale sunt caracterizate de valorile λ_j, ρ_j, c_j .

- Conductivitatea termică echivalentă λ_M se determină cu relația:

$$\lambda_M = \frac{\sum_j \frac{\delta_j}{\sqrt{a_j \cdot \rho_M \cdot c_M}}}{\sum_j \frac{\delta_j}{\lambda_j}} \quad (B.1)$$

în care:

- δ este grosimea oricărui strat de material din structură, în m;
- λ_j este conductivitatea termică a straturilor de material, cu valorile reale pentru materialele straturilor de finisaj/protecție din componența structurilor omogene, respectiv ale tuturor straturilor din structurile neomogene cu excepția stratului termoizolant și cu valorile echivalente (determinate conform Anexei A.15.1) ale straturilor de material omogen din structurile omogene, respectiv ale stratului termoizolant din structurile multistrat, în W/m·K;
- a_j este difuzivitatea termică a materialului din fiecare strat “j” determinată cu relația:

$$a_j = \frac{\lambda_j}{\rho_j \cdot c_j} \quad [\text{m}^2/\text{s}] \quad (B.2)$$

în care ρ_j și c_j sunt densitatea și căldura specifică masică a straturilor de material din structura reală (cu valori echivalente după caz ale stratului de material omogen și ale stratului de termoizolație).

Valorile echivalente ρ_M și c_M ale structurii omogene echivalente se aleg arbitrar (se recomandă să fie ale unui material real de construcție).

- Grosimea echivalentă a fiecărui strat de material omogen corespunzător fiecărui strat de material real se determină cu relația:

$$\delta_{M_j} = \delta_j \cdot \left(\frac{\lambda_M}{\lambda_j} \cdot \frac{\rho_j \cdot c_j}{\rho_M \cdot c_M} \right)^{0,50} \quad (B.3)$$

- Difuzivitatea termică a materialului din care este confecționată structura omogenă echivalentă se determină cu relația:

$$a = \frac{\lambda_M}{\rho_M \cdot c_M} \quad (B.4)$$

Temperatura exterioară de referință modificată a unui element de închidere opac adiacent mediului exterior

Temperatura exterioară de referință este propie transferului de căldură în regim nestaționar prin elemente de construcție opace neomogene. Valoarea sa este determinată de proprietățile termofizice ale materialelor din structura elementului de închidere și de funcția de variație a parametrilor climatici sub forma temperaturii exterioare echivalente. Temperatura exterioară echivalentă a unui element de construcție opac, caracterizat de azimutul “ k ”, se determină cu relația:

$$\theta_{EP_k}(t_j) = \theta_e(t_j) + \frac{\alpha}{\alpha_e} \cdot [(1 - C_{u_k}) \cdot I_{T_k}(t_j) + C_{u_k} \cdot I_{dif_k}(t_j)] \quad (C.1)$$

în care:

- θ_e este temperatura aerului exterior;
- I_{T_k} este intensitatea totală a radiației solare pe un plan orientat “ k ”, în W/m^2 ;
- I_{dif_k} este intensitatea difuză a radiației solare pe un plan orientat “ k ”, în W/m^2 ;
- α_e este coeficientul de transfer de căldură superficial către mediul exterior, în $W/(m^2K)$;
- α este coeficientul de absorbție a radiației solare;

Coeficientul de absorbție a radiației solare depinde de culoarea și starea (netedă sau omogenă) suprafeței elementului de construcție opac.

C_{u_k} este coeficientul de umbrire a planului orientat “ k ” (se poate utiliza valoarea zilnică constantă).

Temperatura exterioară de referință modificată a unui element de închidere opac adiacent mediului exterior se determină cu relația:

$$\theta_{ev_k}(t_j) = \theta_{io} - R \cdot q_k(t_j) \quad (C.2)$$

în care:

- θ_{io} este temperatura interioară rezultantă a spațiului ocupat considerată cu valoare arbitrară constantă (se recomandă valoarea $\theta_{io} = 20^\circ C$ indiferent de sezon – rece, cald), în $^\circ C$;
- t_j este momentul (ora);
- q_k este densitatea de flux termic la suprafața interioară a elementului exterior opac cu azimut “ k ”, în W/m^2 ;
- R este rezistența termică a elementului de construcție opac, în m^2K/W , determinată cu relația:

$$R = R_{si} + R_{se} + \frac{\delta_M}{\lambda_M} \quad (C.3)$$

în care:

- λ_M este conductivitatea termică a materialului din structura echivalentă (conform Anexa II.5.B), în $W/(mK)$;
- δ_M este grosimea structurii realizată din material omogen echivalent (conform Anexa II.5.B), în m.

Densitatea de flux termic la suprafața interioară a elementului exterior opac cu azimut “ k ”, se determină cu relația:

$$q_k(t_j) = q_k(t_{j-1}) \exp(A_1 \cdot \Delta t) + \frac{B_{1k}}{\dot{R} \cdot A_1} [\exp(A_1 \cdot \Delta t) - 1] + \frac{B_{2k}}{\dot{R} \cdot A_1^2} [\exp(A_1 \cdot \Delta t) - (1 + A_1 \cdot \Delta t)] \quad (C.4)$$

în care:

$$\dot{R} = \frac{\delta_M}{\lambda_M} \quad (C.3_1)$$

$q_k(t_{j-1})$ este densitatea de flux termic la momentul $(t_j - \Delta t)$, în W/m^2 ;

Δt este pasul de timp (se recomandă 3600 s), în s.

Coeficienții din relația (C.4) se determină cu relațiile:

$$A_1 = \frac{a_M}{\delta_M^2} \cdot \frac{3[1 + B_{ie}(1 + B_{ii}^{-1})] \cdot N_{um}^{-1}}{3 + B_{ie}} \quad [s^{-1}] \quad (C.5)$$

$$A_2 = \frac{B_{ie}}{4(3 + B_{ie})} \cdot N_{um}^{-1} \quad [-] \quad (C.6)$$

$$N_{um} = \frac{1 + B_{ie}(1 + B_{ii}^{-1})}{4(3 + B_{ie})} - 0,50 - B_{ii}^{-1} \quad (C.7)$$

$$B_{1k} = A_2 [\theta_{E_k}(t_j) - \theta_{E_k}(t_{j-1})] \Delta t^{-1} - A_3 [\theta_{io} - \theta_{E_k}(t_{j-1})] \quad (C.8)$$

$$B_{2k} = A_3 [\theta_{E_k}(t_j) - \theta_{E_k}(t_{j-1})] \cdot \Delta t^{-1} \quad (C.9)$$

$$A_3 = \frac{a_M}{\delta_M^2} \cdot \frac{3B_{ie}}{3 + B_{ie}} \cdot N_{um}^{-1} \quad [s^{-1}] \quad (C.10)$$

în care:

B_{ii} este numărul adimensional Biot pentru suprafața interioară a elementului de construcție exterior opac, determinat cu relația:

$$B_{ii} = \frac{\alpha_i \cdot \delta_M}{\lambda_M} \quad (C.11)$$

B_{ie} idem pentru suprafața exterioară, determinat cu relația:

$$B_{ie} = \frac{\alpha_e \cdot \delta_M}{\lambda_M} \quad (C.12)$$

Procedura de determinare a variației temperaturii exterioare de referință modificată a unui element de închidere opac în ziua reprezentativă caracterizată de valorile orale ale temperaturii exterioare echivalente $\theta_{EP_k}(t_j)$ determinate cu relația (C.1) este:

1. În funcție de valoarea α a coeficientului de absorbție a radiației solare caracteristic suprafeței elementului de construcție opac (vertical/orizontal) și de valorile orare ale temperaturii exterioare $\theta_e(t_j)$ și ale intensității radiației solare totale/globale și difuze se

determină variația orară a temperaturii exterioare echivalente $\theta_{EP_k}(t_j)$. Pentru coeficienții de umbrire se recomandă a se utiliza următoarele valori aproximative:

$C_u = 0,3$ - pentru suprafețe verticale;

$C_u = 0,2$ - pentru suprafețe orizontale;

2. Se determină valorile numerelor B_{ii} și B_{ie} cu relațiile (C.11) și (C.12);
3. Se determină valoarea " N_{um} " cu relația (C.7);
4. Se determină coeficienții A_1 , A_2 și A_3 cu relațiile (C.5), (C.6) și (C.10);

NOTĂ:

Valorile δ_M , λ_M și $a_M = \frac{\lambda_M}{\rho_M \cdot c_M}$ se determină conform Anexei II.5.B;

5. Se determină valorile orare ale coeficienților B_1 și B_2 cu relațiile (C.8) și (C.9);
6. Se determină valoarea rezistenței termice a elementului de construcție $\dot{R}$, cu relația (C.3₁);
7. Se propune o valoare arbitrară a densității de flux termic la momentul $t_{j-1} = 0$ $q_k(0) = q_{ok}^{(1)}$ și se determină $q_k^{(1)}(t_j = \Delta t)$ relația (C.4), în care $\Delta t = 3600s$. Se determină apoi valoarea $q_k^{(1)}(2\Delta t)$ ș.a.m.d. până la finele zilei reprezentative. Rezultă mulțimea valorii $\{q_k^{(1)}(t_j)\}$ în care indicele (1) semnifică prima iterație.
8. Se reia calculul cu valoarea $q_k^{(1)}(t_j = 24) \cong q_{ok}^{(2)}$ și rezultă mulțimea valorilor $\{q_k^{(2)}(t_j)\}$ ș.a.m.d.
9. Calculul se consideră încheiat la iterația " p " în care se constată că se îndeplinește condiția:

$$\left| \{q_k^{(p)}(t_j)\} - \{q_k^{(p-1)}(t_j)\} \right| \leq \varepsilon \quad (C.13)$$

în care: $\varepsilon \leq 0,01$.

Valorile orare ale densității de flux termic sunt elementele mulțimii $\{q_k^p(t_j)\}$ pentru fiecare element de închidere opac caracterizat de azimutul " k ".

Parametrii climatici exteriori utilizați în scopul verificării temperaturii în spațiile ocupate/locuite în lipsa dotării acestora cu instalații și sisteme de condiționare a aerului

În tabelele D.1 ... D.4 se prezintă valorile temperaturilor exterioare și ale intensității radiației solare (totale, globale și difuză) în zilele reprezentative din lunile martie, mai și iulie.

Tabelul D.1

Ora	Temperatura exterioară în luna:		
	martie	mai	iulie
1	4.8	16.8	21.8
2	4.2	16.2	21.2
3	3.6	15.6	20.6
4	3.2	15.2	20.2
5	3.0	15.0	20.0
6	3.4	15.4	20.4
7	4.5	16.5	21.5
8	7.2	19.2	24.2
9	9.6	21.6	26.6
10	11.7	23.7	28.7
11	13.1	25.1	30.1
12	14.0	26.0	31.0
13	14.5	26.5	31.5
14	14.8	26.8	31.8
15	15.0	27.0	32.0
16	14.8	26.8	31.8
17	14.2	26.2	31.2
18	13.2	25.2	30.2
19	11.6	23.6	28.6
20	9.5	21.5	26.5
21	8.0	20.0	25.0
22	6.9	18.9	23.9
23	6.1	18.1	23.1
24	5.5	17.5	22.5

Tabelul D.2

Ora	Intensitatea radiației solare – luna martie [W/m ²]							
	Totală-E	Totală-SE	Totală-S	Totală-SV	Totală-V	Globală	Difuză-Vert.	Difuză-Oriz.
7	341.5	290.5	50.8	18.5	18.5	78.65	18.5	37
8	481.65	488.45	196.05	32	32	199.15	32	64
9	478.05	596.2	359.9	42	42	339	42	84
10	364.5	617.8	497.95	79.75	50	463.8	50	100
11	177.4	559.05	582.85	232.65	55	546.9	55	110
12	56	432.55	611.9	432.55	56	559.95	56	112
13	55	232.65	582.85	559.05	177.4	546.9	55	110
14	50	79.75	497.95	617.8	364.5	463.8	50	100
15	42	42	359.9	596.2	478.05	339	42	84
16	32	32	196.05	488.45	481.65	199.15	32	64
17	18.5	18.5	50.8	290.5	341.5	78.65	18.5	37

Tabelul D.3

Ora	Intensitatea radiației solare – luna mai [W/m ²]							
	Totală-E	Totală-SE	Totală-S	Totală-SV	Totală-V	Globală	Difuză-Vert.	Difuză-Oriz.
6	352.05	186.3	26.5	18.5	26.5	128.65	26.5	53
7	522.8	354.5	40	18.5	40	284.85	40	80
8	540.25	449.3	86.35	32	51.5	426.85	51.5	103
9	484.8	498.4	196.65	42	61.5	575.2	61.5	123
10	355.3	480.25	336.6	97.75	68	685.95	68	136
11	195.4	407.05	373.9	250.65	73	750.35	73	146
12	73.5	278.35	408.4	450.05	73.5	770.9	73.5	147
13	73	122.3	373.9	577.05	195.4	750.35	73	146
14	68	68	336.6	635.8	355.3	685.95	68	136
15	61.5	61.5	196.65	615.7	484.8	575.2	61.5	123
16	51.5	51.5	86.35	507.95	540.25	426.85	51.5	103
17	40	40	40	312	522.8	284.85	40	80
18	26.5	26.5	26.5	18.5	352.05	128.65	26.5	53

Tabelul D.4

Ora	Intensitatea radiației solare – luna iulie [W/m ²]							
	Totală- E	Totală- SE	Totală-S	Totală- SV	Totală- V	Globală	Difuză- Vert.	Difuză- Oriz.
6	352.05	186.3	26.5	26.5	26.5	128.65	26.5	53
7	522.8	354.5	40	40	40	284.85	40	80
8	540.25	449.3	86.35	51.5	51.5	426.85	51.5	103
9	484.8	498.4	196.65	61.5	61.5	575.2	61.5	123
10	355.3	480.25	336.6	97.75	68	685.95	68	136
11	195.4	407.05	373.9	250.65	73	750.35	73	146
12	73.5	278.35	408.4	450.05	73.5	770.9	73.5	147
13	73	122.3	373.9	577.05	195.4	750.35	73	146
14	68	68	336.6	635.8	355.3	685.95	68	136
15	61.5	61.5	196.65	615.7	484.8	575.2	61.5	123
16	51.5	51.5	86.35	507.95	540.25	426.85	51.5	103
17	40	40	40	312	522.8	284.85	40	80
18	26.5	26.5	26.5	26.5	352.05	128.65	26.5	53

Determinarea aporturilor interioare de căldură

Pentru clădiri de locuit și în general pentru clădiri cu ocupare continuă și funcționare continuă a instalației de încălzire, aporturile interne de căldură se determină ca valoare medie zilnică. Pentru clădiri cu ocupare discontinuă, respectiv cu funcționare cu intermitență a instalației de încălzire (după un program stabilit), aporturile interne de căldură se determină ca valoare medie pe perioada de ocupare a clădirii.

1. Ocupanți

Fluxul termic emis de o persoană adultă variază între 65 W (perioada somnului) și 200 W (activitate fizică moderată). Valoarea depinde și de suprafața corpului și de gradul de îmbrăcare al acesteia. Pentru o persoană adultă tipică (suprafața corpului cca. 1,6 m²), valorile fluxului termic emis funcție de activitatea desfășurată de aceasta sunt date în tabelul E.1.

Tabelul E.1

Nr. crt.	Activitate considerată	Flux termic emis / persoană [W]
1	Somn	65
2	Repaus lungit	74
3	Repaus, așezat pe scaun	93
4	Activitate sedentară (muncă de birou, audierea cursurilor sau conferințelor etc.)	112
5	Activitate normală desfășurată stând în picioare (munca personalului din servicii, obligat să nu se așeze: vânzători, recepționeri etc.)	140
6	Activitate desfășurată stând în picioare și care implică concentrare intelectuală (munca desfășurată de conferențieri, doctori în operație etc.)	158
7	Activitate desfășurată stând în picioare și care implică efort fizic :	
	7.1. - treabă la bucătărie	186
	7.2. - curățenie în locuințe, camere de hotel	167
	7.3. - serviciu în restaurante	233
	7.4. - spălat manual rufe ușoare (lenjerie)	233
	7.5. - spălat rufe grele (cearșafuri, draperii etc.)	279
	7.6. - transport greutăți (30 ... 50 kg)	372
8	Activități sportive și muncă foarte grea	279 ... 420

Pentru clădiri de locuit, ținând seama de absența din locuință pe o durată medie zilnică de 10 h, rezultă valoarea tipică:

$$65 \cdot N_p \quad [W]$$

în care N_p este numărul mediu normalizat de persoane aferent clădirii expertizate, determinat conform [pct. A.17.2.6.](#)

Pentru clădiri de birouri, numărul de persoane are valoarea medie pe perioada de ocupare a clădirii.

2. Utilizarea apei calde

Ținând seama de sistemul de preparare a apei calde și de activitatea casnică ce implică utilizarea acesteia, pentru clădiri de locuit se recomandă relația:

$$20 + 15 \cdot N_p \quad [W]$$

cu N_p determinat conform pct. A.17.2.6

3. Prepararea hranei

Ținând seama că prepararea hranei se efectuează prioritar prin utilizarea combustibilului gazos, valoarea recomandată este de 100 W pentru un apartament (o bucătărie).

4. Activități casnice care implică utilizarea energiei electrice

Radio si TV	35 W	Fier de călcat	20 W
Frigider	40 W	Aspirator	20 W
Congelator	90 W	Aparate diverse	20 W
Mașină de spălat	20 W		

Aparatură de birou diversă (funcționare continuă):

Computer + monitor 210 W Aparat fotocopiere 1500 W

Mașină de scris electrică 45 W Mașină de scris electronică 90 W

Pentru calcule rapide, pentru clădiri de locuit, poate fi utilizată relația:

$$270 + 40 \cdot N_p \quad [W]$$

cu N_p determinat conform pct.6

5. Iluminat

Tabelul E.2

Tipul apartamentului	Aporturi [W]
Fără copii	
Apartament de mici dimensiuni (< 50m ²)	15
Apartament mediu (50-100m ²)	30
Apartament de mari dimensiuni (> 100m ²)	45
Cu copii	
Se adaugă	15

Pentru un apartament mediu (familie cu copil) poate fi utilizată valoarea medie: 45 W

6. Determinarea numărului mediu normalizat de persoane pentru clădiri de locuit

Numărul mediu normalizat de persoane aferent clădirii se determină ținând seama de indicele mediu (statistic) de ocupare a clădirii (conform tabelului C.1, anexa II.3.C), cu referire la suprafața totală a camerelor de locuit. Procedura practică de determinare a N_p este următoarea:

- se determină suprafața utilă a camerelor de locuit (camere de zi, dormitoare etc, A_{Loc} [m²];
- Se determină indicele mediu de locuire, i_{Loc} , din tabelul C.1 anexa II.C.3, în funcție de tipul clădirii (individuală, înșiruită sau bloc) și de amplasarea acesteia (județ și mediu - urban sau rural);
- Numărul mediu normalizat de persoane aferent clădirii se determină cu relația:

$$N_p = A_{Loc} \cdot i_{Loc} \quad [W]$$

**METODOLOGIE DE CALCUL AL
PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR**

**PARTEA a III-a – AUDITUL ȘI CERTIFICATUL DE
PERFORMANȚĂ A CLĂDIRII**

Indicativ Mc 001 / 3 – 2006

CUPRINS

INTRODUCERE	
Capitolul I : AUDITUL ENERGETIC AL CLĂDIRII	
I.1 OBIECT, DOMENIU DE APLICARE, REFERINȚE NORMATIVE, TERMINOLOGIE, NOTAȚII.....	
I.2. EVALUAREA PERFORMANȚELOR ENERGETICE ALE CLĂDIRILOR.....	
I.3. INDICATORI AI EFICIENȚEI ECONOMICE A SOLUȚIILOR TEHNICE DE REABILITARE / MODERNIZARE ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR EXISTENTE.....	
I.4 STABILIREA SOLUȚIILOR TEHNICE DE CREȘTERE A PERFORMANȚEI ENERGETICE PENTRU CONSTRUCȚIE ȘI INSTALAȚII, APLICABILE CLĂDIRILOR.....	
Capitolul al II-lea: CERTIFICATUL DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL CLĂDIRII.....	
II. 1 OBIECT, DOMENIU DE APLICARE, REFERINȚE NORMATIVE, TERMINOLOGIE, NOTAȚII.....	
II.2. ELABORAREA CERTIFICATULUI DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL UNEI CLĂDIRI.....	
II.3. CONȚINUTUL CERTIFICATULUI DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL UNEI CLĂDIRI.....	
II.4. NOTAREA CLĂDIRILOR ÎN VEDEREA CERTIFICĂRII ENERGETICE A ACESTORA	

ANEXE

- ANEXA 1 Fișa de analiză termică și energetică (model)
- ANEXA 2 Soluții tehnice de modernizare energetică a clădirilor
- ANEXA 3 Soluții de modernizare termotehnică a anvelopei construcției – elemente de construcție opace (*Conf. dr. ing. Mihaela Georgescu – UAUIM*)
- ANEXA 4 Soluții de îmbunătățire a tâmplăriei exterioare (*Conf. dr. ing. Mihaela Georgescu – UAUIM*)
- ANEXA 5 Lista soluțiilor tehnice propuse pentru modernizarea energetică a clădirilor de locuit alimentate de la sistem centralizat de alimentare cu căldură
- ANEXA 6 Lista soluțiilor tehnice propuse pentru modernizarea energetică a clădirilor de locuit individuale sau înșiruite dotate cu sursă proprie de căldură
- ANEXA 7 Date primare privind costul măsurilor de reabilitare și modernizare pentru analiza economică în cadrul auditului energetic al clădirilor
- ANEXA 8 Model de certificat de performanță energetică al clădirii
- ANEXA 9 Rezistențe termice corectate pentru clădirea de referință
- ANEXA 10 Consumuri specifice de căldură pentru prepararea apei calde de consum pentru clădirea de referință

INTRODUCERE

Această reglementare tehnică face parte dintr-o serie de trei documente care alcătuiesc împreună **Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor** denumită în cele ce urmează Metodologia:

- Metodologia Partea I-a – Caracteristici termotehnice ale elementelor ce alcătuiesc anvelopa clădirii, compartimentarea interioară, inclusiv etanșeitatea la aer, poziția și orientarea clădirilor, inclusiv parametrii climatici exteriori, sistemele solare pasive și de protecție solară și iluminatul natural;
- Metodologia Partea a II-a – Instalațiile de încălzire și apă caldă de consum, inclusiv izolarea acestora, instalația de climatizare, ventilația și ventilația naturală, instalația de iluminat integrată a clădirii, condițiile de climat interior, sisteme solare active și alte sisteme de încălzire, inclusiv electrice, bazate pe surse de energie regenerabilă, electricitate produsă prin cogenerare, centrale de încălzire și de răcire de cartier sau de bloc;
- Metodologia Partea a III-a – Auditul și certificatul de performanță energetică ale clădirii.

Acestea au ca obiectiv stabilirea unei metode coerente de evaluare și certificare a performanței energetice atât pentru clădirile nou construite cât și pentru clădirile existente (PEC), având diverse funcțiuni, transpunând în România prevederile Directivei 2002/91/CE a Parlamentului European și a Consiliului European.

Metodologia Partea a III-a are capitole distincte, ținând seama de scopul aplicării acesteia, după cum urmează:

Capitolul I : AUDITUL ENERGETIC AL CLĂDIRII

Capitolul al II-lea : CERTIFICATUL DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL CLĂDIRII

Auditul energetic al unei clădiri urmărește identificarea principalelor caracteristici termice și energetice ale construcției și ale instalațiilor aferente acesteia și stabilirea, din punct de vedere tehnic și economic a soluțiilor de reabilitare și/sau modernizare termică și energetică a construcției și a instalațiilor aferente acesteia, pe baza rezultatelor obținute din activitatea de analiză termică și energetică a clădirii.

Certificatul de performanță energetică al unei clădiri urmărește declararea și afișarea performanței energetice a clădirii, prezentată într-o formă sintetică unitară, cu detalierea principalelor caracteristici ale construcției și instalațiilor aferente acesteia, rezultate din analiza termică și energetică.

Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor se adresează inginerilor constructori și de instalații, arhitecților și, în general, specialiștilor care își desfășoară activitatea în domeniul energiei construcțiilor și al cărei scop îl reprezintă evaluarea și creșterea performanței energetice a construcțiilor și instalațiilor aferente acestora.

Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor se referă la toate clădirile, în cadrul cărora se desfășoară activități care necesită asigurarea unui anumit grad de confort și regim termic, potrivit reglementărilor tehnice în domeniu.

Capitolul I: AUDITUL ENERGETIC AL CLĂDIRII

I.1 OBIECT, DOMENIU DE APLICARE, REFERINȚE NORMATIVE, TERMINOLOGIE, NOTAȚII

I.1.1 Domeniu de aplicare

Auditul energetic se efectuează pentru clădirile existente în care se desfășoară activități care necesită asigurarea unui anumit grad de confort și regim termic, în condiții de consum redus de energie.

Clădirile sunt grupate în două mari categorii, în funcție de destinația principală a acestora, după cum urmează:

- A. Clădiri de locuit (din sectorul rezidențial):
 - clădiri de locuit individuale (case unifamiliale, cuplate sau înșiruite, tip duplex, ș.a.);
 - clădiri de locuit cu mai multe apartamente (blocuri);
- B. Clădiri cu altă destinație decât locuințe (din sectorul terțiar):
 - birouri.
 - clădiri de învățământ (creșe, grădinițe, școli, licee, universități);
 - cămine, internate;
 - spitale, policlinici;
 - hoteluri și restaurante;
 - clădiri pentru sport;
 - clădiri pentru servicii de comerț (magazine, spații comerciale, sedii de firme, bănci);
 - clădiri social-culturale (teatre, cinematografe, muzee);
 - alte tipuri de clădiri consumatoare de energie (de exemplu: clădiri industriale cu regim normal de exploatare).

Prevederile metodologiei nu se aplică la următoarele categorii de clădiri:

- clădiri și monumente protejate care, fie fac parte din zone construite protejate conform legii, fie au valoare arhitecturală sau istorică deosebită, cărora dacă li se aplică cerințele, li s-ar modifica în mod inacceptabil caracterul ori aspectul exterior;
- clădiri utilizate ca lăcașuri de cult sau pentru alte activități cu caracter religios;
- clădiri provizorii prevăzute a fi utilizate pe perioade de până la 2 ani, din zone industriale, ateliere și clădiri nerezidențiale din domeniul agricol care necesită un consum redus de energie;
- clădiri nerezidențiale care sunt destinate a fi utilizate mai puțin de 4 luni pe an;
- clădiri independente, cu o arie utilă mai mică de 50 m²;
- clădiri cu regim special de exploatare.

Realizarea auditului energetic al unei clădiri presupune parcurgerea a trei etape:

1. Evaluarea performanței energetice a clădirii în condiții normale de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale sistemului construcție – instalații aferente (încălzire, preparare / furnizare a apei calde de consum, ventilare, climatizare, iluminat artificial).

2. Identificarea măsurilor de modernizare energetică și analiza eficienței economice a acestora.

3. Întocmirea raportului de audit energetic.

I.1.2 Documente de referință

[1]	***	Legea 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor
[2]	***	Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor. Partea I-a – Anvelopa clădirii
[3]	***	Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor. Partea a II-a – Performanța energetică a instalațiilor din clădiri
[4]	SR 1907/1-97	Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Prescripții de calcul.
[5]	SR 1907/2-97	Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenționale de calcul.
[6]	SR 4839-97	Instalații de încălzire. Numărul anual de grade-zile.
[7]	***	Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții.

I.1.3 Termeni și definiții

Pentru utilizarea prezentei reglementări tehnice se aplică termenii și definițiile din Legea nr. 372/2005 și definițiile următoare:

I.1.3.1 Analiză termică și energetică a clădirii

Operațiune prin care se identifică principalele caracteristici termice și energetice ale construcției și ale instalațiilor aferente acesteia și determinarea consumurilor anuale de energie pentru încălzirea spațiilor, ventilare / climatizare, apă caldă de consum și iluminat

I.1.3.2 Diagnoză energetică

Operațiune prin care se stabilește starea unei clădiri din punctul de vedere al utilizării energiei, prin compararea valorii globale a indicelui de consum de energie cu valoarea corespunzătoare clădirii de referință

I.1.3.3 Audit energetic al unei clădiri

Procedură sistematică de obținere a unor date corespunzătoare despre profilul consumului energetic existent al unei clădiri, de identificare și de cuantificare a oportunităților rentabile pentru realizarea unor economii de energie, precum și de raportare a rezultatelor

I.1.3.4 Dosar de audit energetic

Ansamblu de documente cu rol de trasabilitate pentru totalitatea operațiunilor legate de activitatea de audit energetic al unei clădiri

I.1.3.5 Raport de audit energetic

Document tehnic care conține descrierea modului în care a fost efectuat auditul, a principalelor caracteristici termice și energetice ale clădirii, a măsurilor propuse de modernizare energetică a clădirii și instalațiilor interioare aferente acesteia, precum și a principalelor concluzii referitoare la măsurile eficiente din punct de vedere economic

I.1.3.6 Utilizarea rațională a energiei

Utilizarea energiei în scopul asigurării condițiilor normale de locuire în conformitate cu exigențele și criteriile de performanță normate și în conformitate cu eficiența energetică a construcției și instalațiilor aferente acesteia, caracteristică situației de proiect

I.1.3.7 Utilizarea eficientă a energiei

Îndeplinirea condițiilor specifice utilizării raționale a energiei pentru asigurarea condițiilor normale de locuire, cu un consum de energie termică și electrică cât mai redus

I.1.3.8 Clădire de referință

Clădire având în principiu aceleași caracteristici de alcătuire ca și clădirea reală și în care se asigură utilizarea eficientă a energiei

I.1.3.9 Măsură (soluție) de modernizare energetică

Intervenție asupra construcției sau/și instalațiilor aferente acesteia, cu scopul reducerii consumului de energie al clădirii

I.1.3.10 Durată de viață a soluției de modernizare

Durata de viață estimată pentru soluția de modernizare analizată, pentru care parametrii considerați se păstrează neschimbați față de stadiul inițial, la momentul aplicării soluției respective

1.3.13 Durată de recuperare a investiției

Durata de recuperare a investiției ca urmare a economiei de energie datorată aplicării măsurilor / soluțiilor de modernizare energetică

I.1.3.14 Valoare netă actualizată

Proiecția la momentul "0" a tuturor costurilor implicate de aplicarea unei măsuri / soluții de modernizare energetică a clădirii, în funcție de rata de depreciere a monedei considerate - sub forma deprecierii medii anuale și de rata medie anuală a creșterii costului energiei

I.1.3.15 Cost al unității de energie economisită

Costul unității de energie obținută prin modernizare energetică a clădirii, determinat ca raport între valoarea investiției datorată aplicării unei măsuri sau pachet de măsuri de modernizare energetică și economia de energie realizată prin implementarea acesteia pe durata de viață a măsurii de modernizare energetică

I.1.3.16 Consum normal de energie

Consumul de energie termică/electrică în scopul realizării stării de confort termic

I.1.4 Simboluri și notații

Tabelul I.1 – Simboluri și unități de măsură

Simbol	Mărime	Unitate de măsură
A	arie	m^2
a_C	avans aferent creditului	Lei, Euro
C	cost (investiție, exploatare etc.)	Lei, Euro
c	cost al unității de energie	Lei/kWh, Euro/kWh
$C_{(m)}$	cost anual al operațiunilor de mentenanță	Lei/an, Euro/an
C_E	cost anual al energiei consumate	Lei/an, Euro/an
d	dobândă a creditului	-
e	cost al unității de energie economisită	Lei/kWh, Euro/kWh
f	rată anuală de creștere a costului energiei	-
i	rată anuală de depreciere a monedei	-
N_S	durată de viață a soluției de modernizare energetică	
N_C	durată a creditului	ani
N	durată de viață	ani
N_R	durată de recuperare a investiției	ani
r_C	rată lunară pentru rambursarea creditului	Lei/lună. Euro/lună
VNA	valoare netă actualizată	Lei, Euro
ΔVNA	valoare netă actualizată aferentă investiției suplimentare pentru modernizare energetică	Lei, Euro
X	factor de actualizare (pentru calcul economic dinamic)	-

NOTĂ - În loc de secundă se poate utiliza ora ca unitate de timp, pentru toate cantitățile care se referă la durată (adică atât pentru durate cât și pentru numărul de schimburi de aer), dar în acest caz, unitatea de măsură pentru energie este Watt–oră [Wh] în loc de Joule.

Tabelul I.2 – Indici

O	an de referință
E	energie, energie electrică
G	gaz natural
T	termoficac
M	mentenanță
a	actual
m	modernizare (energetică)
t	factor de însumare
S	serviciu, viață (cu referire la soluție de modernizare)
c	credit
k	tip energie (termică, electrică, gaz)
Pr	profitabil

I.2. EVALUAREA PERFORMANTELOR ENERGETICE ALE CLĂDIRILOR

Evaluarea performanțelor energetice ale unei clădiri se referă la determinarea nivelului de protecție termică al clădirii și a eficienței energetice a instalațiilor de încălzire interioară, de ventilare / climatizare, de preparare a apei calde de consum și de iluminat și vizează în principal:

- ❑ investigarea preliminară a clădirii și a instalațiilor aferente,
- ❑ determinarea performanțelor energetice ale construcției și ale instalațiilor aferente acesteia, precum și a consumului anual normal de energie al clădirii pentru încălzirea spațiilor, de ventilare / climatizare, de preparare a apei calde de consum și de iluminat,
- ❑ concluziile auditorului energetic asupra evaluării.

I.2.1. Investigarea preliminară a clădirilor se efectuează prin analizarea documentației tehnice a clădirii (sau completarea acesteia, după caz) și prin analiza stării actuale a construcției și instalațiilor aferente acesteia, constatată prin vizitarea clădirii.

Investigarea preliminară a clădirilor se referă la următoarele aspecte:

I.2.1.1. Analiza cărții tehnice a clădirii, respectiv a documentației care a stat la baza execuției clădirii și instalațiilor aferente și care trebuie să cuprindă cel puțin:

- * partiurile de arhitectură ale fiecărui nivel;
- * dimensiunile geometrice ale elementelor de construcții (fundații, pereți, stâlpi, grinzi, buiandrugi, plăci, elementele șarpantei);
- * dimensiunile golurilor din pereți, distanța dintre goluri, înălțimea parapeților;
- * structura anvelopei clădirii;
- * tipul de uși și ferestre;
- * alcătuirea și materialele care compun elementele de închidere exterioară sau de separare între spații cu diverse regimuri de temperatură;
- * planuri și scheme ale instalațiilor de încălzire, ventilare, climatizare, preparare a apei calde de consum și electrice (iluminat).

NOTĂ: În cazul când documentația de bază lipsește, se execută un relevu al clădirii, evidențiindu-se toate elementele enumerate mai sus.

Analiza documentației care a stat la baza execuției clădirii va fi completată cu un relevu al zonelor cu degradări specifice (igrasie, infiltrații de apă, condens, mucegai etc.), precum și cu un relevu al instalațiilor în scopul evidențierii modificărilor efectuate asupra acestora.

I.2.1.2. Analiza elementelor caracteristice privind amplasarea clădirii în mediul construit :

- * zona climatică în care este amplasată clădirea;
- * orientarea față de punctele cardinale;
- * distanța față de clădirile învecinate și înălțimea acestora;
- * direcția vânturilor dominante și gradul de adăpostire față de vânt;
- * regimul de înălțime al clădirilor separate prin rost.

NOTĂ: Prin studiul vecinătăților clădirii vor fi puse în evidență unele elemente ce pot influența regimul higrotermic (regimul de înălțime al clădirilor din zonă, factorii de umbră, geometria spațiului în legătură cu precizarea direcției și intensității vântului dominant etc.), precum și dacă acestea au fost luate în seamă la realizarea construcției analizate.

I.2.1.3. Evaluarea stării actuale a clădirii prin comparație cu soluția de proiect (conform cu cartea tehnica a clădirii)

Evaluarea stării actuale a clădirii, inclusiv instalațiile aferente, se face în principal prin analiză vizuală și urmărește în special:

I.2.1.3.1 Evaluarea stării actuale a construcției prin comparație cu soluția de proiect:

- starea elementelor de construcție opace (pereți, planșeu peste sol / subsol, planșeu sub pod, terasă, acoperiș, rosturi deschise / închise, pereți către spații comune - casa scărilor etc.) și evidențierea punților termice liniare și punctuale (cu pondere în valoarea rezistenței termice corectate), a defectărilor sau a deteriorărilor:
 - fisuri, degradări ale tencuielii și ale structurii de rezistență, igrasie, infiltrații de apă de la instalații sau din alte surse (neetanșeitățile învelitorilor, jgheburilor și burlanelor), zone afectate de condens remanent și de mucegai,
 - deteriorarea acoperișului și ale elementelor de închidere ale podului, terasei și ale locurilor de străpungere ale terasei,
 - identificarea alcătuirii elementelor de închidere și evaluarea stării termoizolației din componența pereților, planșeele, terasei etc.
 - identificarea prezentei punților termice (termoviziune în infraroșu, după caz),
 - existența zonelor cu infiltrații de aer (neetanșeități la uși și ferestre, rosturi neînchise, străpungeri în jurul coșurilor de fum, conductelor etc.).
- identificarea tipurilor de închideri transparente (uși și ferestre fixe / mobile)
- starea elementelor de închidere vitrate din spațiile locuite / ocupate și din cele cu funcții de spații comune (casa scărilor, subsoluri etc.):
 - geamuri sparte sau lipsa, rame deformate sau deteriorate, sistemele de închidere ale ușilor și ferestrelor defecte sau lipsa acestora, spații libere între tocul ușilor / ferestrelor și elementele de construcție etc.,
 - lipsa sistemelor automate de închidere a ușilor clădirilor,
- starea canalelor de ventilare a spațiilor anexa (bai, bucătării etc.)

I.2.1.3.2 Evaluarea stării actuale a instalațiilor prin comparație cu soluția de proiect:

I.2.1.3.2.1 Instalații de încălzire:

I.2.1.3.2.1.1 Identificarea tipului de sistem de încălzire a spațiilor locuite / ocupate și comune,

- pentru sisteme locale (sobe cu gaze) – dotare sau nedotare a arzătoarelor cu electrovalvă,
- verificare tiraj coș de fum pentru orice tip de sobă,
- verificare uniformitate încălzire sobă (termoviziune în infraroșu – sezonul rece, după caz).

I.2.1.3.2.1.2 Încălzire centrală clasică

- identificarea tipurilor de corpuri de încălzire și a caracteristicilor funcționale ale acestora:
 - numărul de elemente încălzitoare, putere termică instalată,
 - corpuri de încălzire lipsa sau blocate,
 - vechimea corpurilor de încălzire,
 - anul ultimei spălări a corpurilor de încălzire,
 - tipul robinetelor de reglaj și manevrabilitatea acestora,
- dotarea cu repartitoare de cost și robinete de reglaj cu cap termostatic,

- existența robinetelor de separare a corpurilor de încălzire,
- verificarea câmpului de temperaturi pe suprafața corpurilor de încălzire, după caz;
- starea conductelor de alimentare cu agent termic, starea termoizolației conductelor care se afla atât în spațiile locuite / ocupate cât și în spațiile comune:
 - conducte de aerisire secționare,
 - înlocuiri frecvente ale unor tronsoane,
 - lipsa vanelor de reglare și a vanelor de separare și golire,
- dotarea cu vane pentru menținerea diferenței de presiune atât la baza coloanelor cât și pe racordul la rețeaua de distribuție (după caz),
- dotarea cu contor de căldură pe scară / clădire / unitate locuită (ocupată),

I.2.1.3.2.2 Instalații de ventilare și climatizare.

I.2.1.3.2.2.1 Sisteme locale de încălzire și răcire cu aer și/sau pompe de căldură:

- starea filtrelor de praf,
- consumul de energie electrică față de valoarea de catalog,
- viteza medie în gurile de refulare a aerului,
- tipul de agent frigorific utilizat (ecologic, neecologic),
- pierderi de agent frigorific.

I.2.1.3.2.2.2 Sisteme de ventilare mecanică (refulare, refulare / aspirație):

- viteze medii ale aerului în gurile de refulare,
- viteze medii ale aerului în gurile de aspirație,
- dispozitive de reglare a debitelor de aer (manevrabilitate),
- gradul de etanșare a îmbinărilor canalelor de aer (se recomandă efectuarea de măsurări ale vitezelor și verificarea conservării debitelor masice la nivelul întregii instalații),
- identificarea zonelor de pierderi de aer,
- starea canalelor de aer din punct de vedere al rezistenței la coroziune (pentru canale metalice neprotejate și accesibile),
- starea termoizolației conductelor de aer și comparație cu rezistența termică de proiect,
- stabilirea punctului real de funcționare al ventilatoarelor,

I.2.1.3.2.2.3 Sisteme centralizate de climatizare:

- toate evaluările de la pct. I.2.1.3.2.2.2,
- evaluarea performanțelor energetice a echipamentelor din centrala de tratare a aerului (corelat cu Metodologie partea a II-a),

I.2.1.3.2.3 Instalații de iluminat artificial:

- evaluarea stării corpurilor de iluminat,
- evaluarea performanței tehnice a sistemului de iluminat artificial (verificarea gradului de asigurare a confortului vizual conform Metodologie Partea a II-a),
- starea conductoarelor de energie electrică,
- existența dispozitivelor de control și reglare automată a fluxului luminos (impactul asupra consumului de energie electrică),

- existența dispozitivelor de alimentare controlată cu energie electrică (impactul asupra consumului de energie electrică),

I.2.1.3.2.4 Instalația de preparare și furnizare a apei calde de consum.

I.2.1.3.2.4.1 Sisteme locale de preparare a apei calde de consum,

- evaluarea stării izolației termice a unităților de acumulare (după caz),
- evaluarea calității arderii combustibilului și a eficienței tirajului,
- evaluarea pierderilor de apă caldă de consum din instalație;

I.2.1.3.2.4.2 Instalații centrale de preparare a apei calde de consum

- starea armaturilor obiectelor sanitare, defecțiuni, pierderi de apă,
- starea conductelor de apă caldă de consum și a izolației termice a acestora (țasată și uscată, țăsată și umedă, parțial deteriorată (peste 30%), fără izolație termică),
- conducta de recirculare funcțională (condominii)
- debitmetre de scară / clădire / consumatori independenți (societăți comerciale etc.) – certificat de control metrologic,
- debitmetre la racordurile individuale de consum,
- evaluarea pierderilor de apă caldă de consum din instalație.

I.2.1.4. Prelevarea de probe fizice în vederea:

- * stabilirii tipului solului pe care este amplasată clădirea și adâncimea pânzei freatice;
- * stabilirii structurilor, respectiv a grosimilor elementelor exterioare ale anvelopei (pereți, planșee peste subsol, planșee peste pod, acoperiș);
- * obținerii de probe edificatoare din elementele exterioare în vederea stabilirii umidității, densității și conductivității termice, în laboratoare specializate;
- * aprecierii gradului de degradare a materialului prin determinări de rezistențe fizico-mecanice și examinarea microscopică (cristale de săruri, miceli, bacterii etc.), în laboratoare specializate.

În urma investigării preliminare a clădirii se întocmește o fișă de analiză care va cuprinde toate elementele necesare estimării consumului anual normal de energie al clădirii pentru încălzirea spațiilor, ventilare / climatizare, iluminat și prepararea apei calde de consum. În Anexa 1 se prezintă un model de fișă de analiză a clădirii.

I.2.2. Determinarea performanțelor energetice și a consumului anual de energie al clădirii pentru încălzirea spațiilor, prepararea apei calde de consum, ventilare / climatizare și iluminat se realizează în conformitate cu părțile I și II ale Metodologiei, ținând seama și de datele obținute prin activitatea de investigare preliminară a clădirii și constă în:

I.2.2.1 Determinarea rezistențelor termice corectate ale elementelor de construcție din componența anvelopei clădirii (Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor - partea I-a),

I.2.2.2 Determinarea parametrilor termodinamici intensivi și extensivi caracteristici spațiilor încălzite și neîncălzite ale clădirii (Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor - partea I-a), inclusiv a necesarului de căldură / frig și a temperaturii interioare pe timp de vară fără climatizare (Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor - partea a-II-a),

I.2.2.3 Determinarea consumului anual de energie, total și specific (prin raportare la aria utilă a spațiilor încălzite, A_{inc}), pentru încălzirea spațiilor, la nivelul sursei de energie a clădirii (Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor - partea a-II-a):

NOTĂ: Pentru clădirile racordate la sistem districtual de alimentare cu căldură / frig nivelul sursei de energie este racordul la sistem.

I.2.2.3.1 Sisteme locale de încălzire (sobe):

- determinarea necesarului de căldură sezonier sau pe intervale finite impuse de regimul de furnizare a căldurii,
- evaluarea randamentului de funcționare a sobelor,
- determinarea Performanței energetice a clădirii.

I.2.2.3.1 Încălzire centrală (corpuri de încălzire și sisteme de joasă temperatură):

- determinarea necesarului de căldură sezonier sau pe intervale finite impuse de regimul de furnizare a căldurii,
- estimarea randamentului de reglare a furnizării căldurii,
- estimarea randamentului de distribuție,
- evaluarea randamentului sursei locale de căldură (după caz) – cazane,
- determinarea Performanței energetice a clădirii.

I.2.2.4 Determinarea consumului anual de energie, total și specific (prin raportare la aria utilă a spațiilor încălzite, A_{inc}), pentru ventilare – climatizare, la nivelul sursei de energie a clădirii:

- determinarea necesarului anual de căldură și frig (sensibil și latent) al spațiilor din principalele zone energetice ale clădirii (Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor - partea a II-a),
- determinarea consumului anual de energie electrică și termică pentru asigurarea condițiilor de confort termic (căldură și frig) aferent clădirilor dotate cu sisteme locale (pompe de căldură) și a Performanței Energetice a Clădirii (Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor - partea a II-a).

I.2.2.5 Determinarea consumului anual de energie, total și specific (prin raportare la aria utilă a spațiilor încălzite, A_{inc}), pentru iluminatul artificial, la nivelul sursei de energie a clădirii.

- determinarea necesarului de energie electrică din principalele zone energetice ale clădirii,
- determinarea consumului anual de energie electrică pentru asigurarea condițiilor de confort interior (iluminat) aferent clădirilor și a Performanței Energetice a Clădirii.

I.2.2.6 Determinarea consumului anual de energie, total și specific (prin raportare la aria utilă a spațiilor încălzite, A_{inc}), pentru prepararea apei calde de consum, la nivelul sursei de energie a clădirii.

- determinarea necesarului anual de apă caldă de consum la nivelul punctelor de consum;
- determinarea eficienței sistemului de producere / furnizare, distribuție și utilizare a apei calde de consum,
- determinarea consumului anual de apă caldă de consum și a consumului anual de energie pentru furnizarea apei calde de consum și a Performanței Energetice a Clădirii.

1.2.2.7 Determinarea consumului anual de apă caldă de consum, total și specific (prin raportare la numărul de persoane normalizat și numărul de zile de utilizare dintr-un an), la nivelul punctelor de consum și la nivelul sursei de energie a clădirii.

1.2.3. Concluziile asupra evaluării se referă la sintetizarea informațiilor obținute prin analiză termică și energetică a clădirii și efectuarea diagnosticului energetic al acesteia, prin interpretarea rezultatelor obținute și indicarea aspectelor legate de performanța energetică a clădirii, atât în ceea ce privește protecția termică a construcției, cât și gradul de utilizare a energiei la nivelul instalațiilor aferente acesteia.

1.3. INDICATORI AI EFICIENȚEI ECONOMICE A SOLUȚIILOR TEHNICE DE REABILITARE / MODERNIZARE ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR EXISTENTE

Analiza economică a măsurilor de modernizare energetică a unei clădiri existente se realizează prin intermediul indicatorilor economici ai investiției. Dintre aceștia cei mai importanți sunt următorii:

- ❑ valoarea netă actualizată aferentă investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de modernizare energetică și economiei de energie rezultată prin aplicarea proiectului menționat, $\Delta VNA_{(m)}$ [lei] ;
- ❑ durata de recuperare a investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de modernizare energetică, N_R [ani], reprezentând timpul scurs din momentul realizării investiției în modernizarea energetică a unei clădiri și momentul în care valoarea acesteia este egalată de valoarea economiilor realizate prin implementarea măsurilor de modernizare energetică, adusă la momentul inițial al investiției;
- ❑ costul unității de energie economisită, e [lei/kWh], reprezentând raportul dintre valoarea investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de modernizare energetică și economiile de energie realizate prin implementarea acestuia pe durata de recuperare a investiției,

În funcție de valorile indicatorilor economici susmenționați, rezultate prin analiza diverselor măsuri de modernizare energetică a unei clădiri, vor fi alese acele măsuri caracterizate de:

- ❑ valoare netă actualizată , $\Delta VNA_{(m)}$, cu valori negative pentru durata de viață estimată pentru măsurile de modernizare energetică analizate,
- ❑ durată de recuperare a investiției, N_R , cât mai mică și nu mai mare decât o perioadă de referință, impusă din considerente economico-financiare (de către creditor sau investitor) sau tehnice (durată de viață estimată a soluției de modernizare energetică);
- ❑ costul unității de căldură economisită, e , cât mai mic și nu mai mare decât proiecția la momentul investiției a costului actual a unității de căldură.

Procedura de bază pentru compararea efectelor tehnice și economice ale aplicării diverselor soluții de utilizare rațională și eficientă a energiei în construcții o constituie analiza valorii nete actualizate a costurilor implicate de realizarea investițiilor și de exploatarea instalațiilor aferente acestora.

Valoarea Netă Actualizată (VNA) reprezintă proiecția la momentul "0" a tuturor costurilor menționate, funcție de rata de depreciere a monedei considerate - sub forma deprecierei medii anuale.

Considerând că rata de depreciere anuală a monedei este constantă și că se produce și o creștere uniformă a prețului energiei, VNA caracteristică sistemului este dată de relația:

$$VNA = C_0 + \sum_{k=1}^3 C_{E_k} \sum_{t=1}^N \left(\frac{1+f_k}{1+i} \right)^t + C_M \sum_{t=1}^N \left(\frac{1}{1+i} \right)^t \quad (1.3.1)$$

în care:

C_0 – costul investiției totale în anul "0" [Euro];

C_E – costul anual al energiei consumate, la nivelul anului de referință [Euro/an];

- C_M – costul anual al operațiunilor de mentenanță, la nivelul anului de referință [Euro/an];
 f – rata anuală de creștere a costului căldurii [–];
 i – rata anuală de depreciere a monedei (Euro) [–];
 k – indice în funcție de tipul energiei utilizate
 (1 – gaz natural, 2 – energie termică, 3 – energie electrică)
 N – durata fizică de viață a sistemului analizat [ani].

NOTE:

1. Conform structurii relației (I.3.1) se impune ca performanța energetică a sistemului să se mențină la aceeași valoare pe întreaga durată de viață, N . Această ipoteză este valabilă cu condiția asigurării unor verificări periodice ale performanței energetice în cadrul activității de monitorizare a clădirii, verificări care vor conduce și la intervenții de remediere a unor eventuale defecțiuni.

2. Rata de creștere a costului căldurii se consideră a avea o valoare constantă pe durata de viață a tehnică a sistemului.

3. Rata de depreciere a monedei, i , are o importanță determinantă asupra VNA și condiționează aplicarea unor soluții tehnice. Conform practicii din țări cu economie avansată, rata de depreciere a monedei are valori diferite în raport cu sectorul în care se dezvoltă proiectele de investiții energetice. Pentru proiectele destinate sectorului public, (ex. clădiri sociale, culturale, administrative etc.) rata de depreciere a monedei variază între 0,1 și 0,07 cu tendința de fixare pe cea de a doua valoare. În cazul sectorului privat (mari corporații, bănci etc.) rata de depreciere asumată depășește 0,1. În sfârșit, în cazul construcțiilor de locuințe rata anuală de depreciere a monedei se situează în plaja valorii 0,04 – 0,07. Diferențele semnificative între valorile menționate, relevă clar o politică națională de promovare a unor proiecte de conservare a energiei în special la consumatorii casnici. Valori reduse ale ratei de depreciere a monedei favorizează promovarea rapidă a unor soluții tehnice cu caracter energetic conservativ. Așadar valorile ridicate ale ratei de depreciere a monedei aferente investițiilor în sectorul public sau în sectorul privat care înregistrează cifre de afaceri importante, compensează valoarea relativ scăzută (0,04) aplicată sectorului de locuințe.

4. Aprecierea duratei de viață a unui sistem este o operație delicată ținând seama în special de diversitatea produselor prezente pe piața românească. Atât informațiile privind durata de viață a componentelor unui sistem (N), cât și cu privire la oportunitatea promovării unor soluții care să nu afecteze în timp calitatea locuirii (calitatea aerului și a apei) pot fi oferite de către producător prin documentele care atestă calitatea produselor sale (de exemplu agrement tehnic).

5. Costurile aferente mentenanței reprezintă o cotă puțin importantă în structura relației (I.3.1) și în situația în care nu pot fi apreciate, acestea pot fi ignorate.

Ținând seama de cele de mai sus, relația (I.3.1) se scrie sub forma simplificată:

$$VNA = C_0 + \sum_k C_{E_k} X_k \quad (I.3.2)$$

în care:

$$X_k = \sum_{t=1}^N \left(\frac{1+f_k}{1+i} \right)^t \quad (I.3.3)$$

Analizând în paralel două valori VNA specifice unei rezolvări clasice și unei rezolvări cu caracter energetic conservativ și având (ambele soluții) dotări cu durata de viață egală, N , se obține *VNA aferentă investiției suplimentare* datorată aplicării proiectelor de modernizare energetică și economiei de energie rezultată prin aplicarea proiectelor menționate:

$$\Delta VNA_{(m)} = C_{(m)} - \sum_k \Delta C_{E_k} \cdot X_k \quad (I.3.4)$$

în care:

$C_{(m)}$ – costul investiției aferente proiectului de modernizare energetică, la nivelul anului “0”, [Euro];

ΔC_E – reducerea costurilor de exploatare anuale urmare a aplicării proiectelor de modernizare energetică la nivelul anului de referință, [Euro/an];

$$\Delta C_{E_k} = c_k \cdot \Delta E_k \quad (I.3.5)$$

în care

ΔE_k - reprezintă economia anuală de energie k estimată, obținută prin implementarea unei măsuri de modernizare energetică, [kWh/an],

c_k - reprezintă costul actual al unității de energie k, [Euro / kWh].

Condiția ca o investiție (în soluția de modernizare energetică) să fie eficientă este următoarea:

$$\Delta VNA_{(m)} < 0 \quad (I.3.6)$$

respectiv:

$$X > A \text{ în care } A = \frac{C_{(m)}}{\Delta C_E} \quad (I.3.7)$$

În Anexa 7 sunt prezentate date primare privind costul măsurilor de reabilitare și modernizare pentru analiza economică, utile pentru determinarea costului investiției în soluția de reabilitare sau de modernizare energetică a clădirii.

Durata de recuperare a investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de modernizare energetică, N_R , se determină prin înlocuirea duratei de viață estimată cu N_R ca valoare necunoscută în relația (I.3.4) explicitată conform relației (I.3.1), și prin punerea condiției de recuperare a investiției: $\Delta VNA_{(m)} = 0$:

$$C_{(m)} - \sum_{k=1}^k c_k \cdot \Delta E_k \cdot \sum_{t=1}^{N_R} \left(\frac{1+f_k}{1+i} \right)^t = 0 \quad (I.3.8)$$

I.3.2.3 Costul unității de energie economisită prin implementarea proiectului de modernizare energetică a unei clădiri existente (sau *costul unui kWh economisit*) se determină cu relația:

$$e = \frac{C_{(m)}}{N \cdot \Delta E} \text{ , [Euro/kWh]} \quad (I.3.9)$$

În ceea ce privește investiția suplimentară $C_{(m)}$, proiectată la nivelul anului “0” se pot imagina două scenarii posibile după cum urmează:

- Beneficiarul de investiție dispune de întreaga sumă la momentul “0”, caz în care VNA, corespunzătoare investiției, coincide cu valoarea $C_{(m)}$;
- Beneficiarul de investiție nu dispune de suma necesară realizării investiției, caz în care se apelează la un credit, rambursabil într-o perioadă de N_c ani cu o dobândă anuală fixă, d . Condiția necesară angajării creditului este $N_c < N$, urmând ca pe durata $(N - N_c)$ să se manifeste beneficiul net al aplicării soluțiilor de modernizare energetică.

Rezultă, prin urmare că soluția avantajoasă este dată de obținerea unui interval de profit (la nivelul de beneficiar al investiției) maxim:

$$(N - N_c)_{Pr} = \max (N - N_c) \quad (I.3.10)$$

Condiția (I.3.10) se realizează în orice caz prin maximizarea valorii N , respectiv prin aplicarea unor soluții de calitate superioară. În ceea ce privește minimizarea valorii N_c , aceasta depinde de condițiile de acordare a creditului, implicit de suportabilitatea beneficiarului de a achita ratele de rambursare a acestuia. Practic acordarea unui credit implică achitarea unui avans, notat cu " a_c ", ca parte a valorii $C_{(m)}$ achitată integral la momentul "0".

Restul sumei de plată $(1 - a_c) \cdot C_{(m)}$ se obține prin credit supus atât efectelor devalorizării monedei cât și compensării prin dobânda anuală, d. Presupunând că rata anuală a dobânzii pe durata N_c ani de rambursare a creditului, este constantă, VNA aferentă sumei contractate $(1 - a_c) \cdot C_{(m)}$ este dată de relația:

$$C_{(m2)} = (1 - a_c) \cdot C_m \cdot (1 + d)^{N_c} \cdot \left(\frac{1}{1 + i} \right)^{N_c} \quad (I.3.11)$$

în care:

$C_{(m2)}$ – valoarea netă actualizată a creditului [Euro];

Rezultă valoarea netă actualizată a investiției:

$$C_{(mc)} = a_c \cdot C_{(m)} + C_{(m2)} \quad (I.3.12)$$

în care indicele "c" semnifică acordarea creditului.

Condiția unei soluții economic fezabilă în cazul funcționării sistemului de credite este:

$$a_c \cdot C_{(m)} + C_{(m2)} < \Delta C_E \cdot X \quad (I.3.13)$$

Un al doilea criteriu important îl reprezintă suportabilitatea de către beneficiar a ratei lunare necesară rambursării creditului. Valoarea ratei lunare de rambursare a creditului (pe durata N_c ani cu dobândă anuală fixă) se determină cu relația:

$$r_c = \frac{0,0833 \cdot (1 - a_c) \cdot C_m \cdot (1 + d)^{N_c}}{N_c} \quad (I.3.14)$$

Practic, valoarea r_c se compară cu venitul mediu lunar al unei familii care realizează investiția cu scop de modernizare energetică.

Criteriul suportabilității valorii " r_c " se constituie într-un compromis între posibilitățile practice de aplicare a unor soluții performante din punct de vedere energetic și posibilitățile de suportabilitate a costului implicat de realizarea investițiilor. Astfel, unei valori reduse " r_c " îi corespunde în plan tehnic, fie o soluție mai puțin performantă, fie o perioadă de profitabilitate ($N - N_c$) redusă (în cazul în care valoarea N_c este agreată de creditor). Evident această concluzie se poate modifica conjunctural, funcție de condițiile acordării creditului și în special de dinamica prețului căldurii și de rata de depreciere a monedei.

Așa cum se menționa anterior, analiza economică a măsurilor de modernizare energetică a clădirilor existente conduce la alegerea măsurilor eficiente din punct de vedere economic, prin prisma indicatorilor economici printre care indicatorul fundamental îl reprezintă valoarea netă actualizată, $\Delta VNA_{(m)}$.

Implementarea efectivă a unui proiect de modernizare energetică presupune însă și analiza finanțării posibile a proiectului, din punct de vedere al schemei de finanțare posibil de aplicat și din punct de vedere al suportabilității beneficiarului proiectului.

I.4 STABILIREA SOLUȚIILOR TEHNICE DE CREȘTERE A PERFORMANȚEI ENERGETICE PENTRU CONSTRUCȚIE ȘI INSTALAȚII, APLICABILE CLĂDIRILOR

I.4.1 Influența intervențiilor asupra consumului energetic al clădirii

Consumul energetic al unei clădiri se compune din: *încălzire, apa caldă de consum, ventilare-climatizare și alte folosințe electro-menajere*.

Pe lângă calitățile termice ale clădirii și calitățile de bază ale instalațiilor, acest consum depinde de importanța încăperilor încălzite, de mediul adiacent acestora (climat și vecinătate), de opțiunile ocupanților în materie de confort (și de economie) și de posibilitățile de intervenție ale acestora (de manieră directă sau indirectă) în mod rațional asupra gestiunii propriilor instalații. Aceste posibilități de gestiune corespund parametrilor reglajului și programării.

În scopul analizei efectului de reducere a consumului de energie al clădirii aferent fiecărei măsuri de modernizare energetică, se determină consumul de energie anual normal pentru încălzirea spațiilor, prepararea apei calde de consum, ventilarea/climatizarea și asigurarea iluminatului clădirii pentru situația actuală, acesta devenind o valoare de referință pentru toate intervențiile asupra clădirii și instalațiilor aferente acesteia. Această valoare se determină în conformitate cu părțile I și II ale Metodologiei.

Influența fiecărei măsuri de modernizare energetică a construcției și/sau a instalațiilor aferente acesteia se determină prin estimarea consumului anual normal de energie pentru situația aplicării măsurii de modernizare energetică, în conformitate cu părțile I și II ale Metodologiei și prin raportarea acestuia la valoarea consumului anual normal de energie estimat pentru clădirea în starea sa actuală (inițială).

Influența aplicării fiecărei soluții tehnice de modernizare energetică se determină prin estimarea consumului anual normal de energie pentru situația aplicării acestora, conform părților I și II ale Metodologiei și prin raportarea consumului la valoarea consumului anual normal de energie estimat pentru clădirea în starea sa actuală (inițială) – valoare determinată prin analiză termică și energetică a clădirii.

Decizia adoptării unei măsuri de modernizare energetică este cea de eficiență economică a măsurii (pachetului de măsuri), în conformitate cu indicatorii tehnico-economici.

I.4.2 Analiza eficienței economice a soluțiilor tehnice de creștere a performanței energetice

I.4.2.1 Indicatorii economici pe care se bazează analiza eficienței economice a soluțiilor de modernizare energetică aplicate clădirilor existente sunt următorii:

- Costul specific al cantității de căldură economisită care se determină cu relația:

$$e = \frac{C_{INV(m)} \cdot \Delta\beta}{N_S \cdot \Delta E_t} \text{ [Euro/kWh]} \quad (I.4.1)$$

- Costul specific al cantității de căldură consumată pentru realizarea condițiilor de confort termic și fiziologic (încălzirea spațiilor și furnizarea apei calde de consum), care se determină cu relațiile:

$$e_{(m)} = \frac{VNA_{(m)}}{N_S \cdot E_{t(m)}} \text{ [Euro/kWh]} \quad (I.4.2)$$

pentru clădirea modernizată, respectiv:

$$e_{(a)} = \frac{VNA_{(a)}}{N_S \cdot E_{t(a)}} \text{ [Euro/kWh]} \quad (I.4.3)$$

pentru clădirea nemodernizată.

În relațiile de calcul (I.4.1) ... (I.4.3) se utilizează următoarele notații:

$C_{(m)}$ - costul lucrărilor de modernizare energetică [Euro];

ΔE_t - economia de căldură proprie clădirii realizată prin aplicarea soluțiilor de modernizare energetică, în anul mediu, reprezentativ pentru localitatea în care este amplasată clădirea supusă activității de audit energetic [kWh/an];

$E_{t(m),(a)}$ - consumul de căldură propriu clădirii modernizată/nemodernizată pentru realizarea condițiilor de confort termic și fiziologic (încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum), în anul mediu, reprezentativ pentru localitatea în care este amplasată clădirea supusă activității de audit energetic [kWh/an];

N_S - durata de viață a soluțiilor de modernizare energetică, esențiale pentru realizarea performanței tehnice [ani];

$VNA_{(m),(a)}$ - valoarea netă actualizată a lucrărilor de investiții și de exploatare a clădirii modernizate/nemodernizate, pe durata de calcul de N ani [Euro].

$$\Delta\beta = (1 - a_c) \cdot \frac{(1 + d)^{N_c}}{N_c} \cdot \sum_{t=1}^{N_c} \left(\frac{1}{1 + i} \right)^t + a_c$$

în care:

N_c - durata de rambursare a creditului necesar realizării lucrărilor de modernizare [ani];

d - dobânda anuală la creditul acordat, percepută de banca care acordă creditul [-];

a_c - cota, din suma totală $C_{INV(m)}$ necesară pentru realizarea modernizărilor, care reprezintă avans [-].

Observație:

$a_c = 0$ implică împrumutul întregii sume $C_{INV(m)}$

$a_c = 1$ implică faptul că beneficiarul de investiție dispune de suma integrală necesară realizării lucrărilor de investiție).

i - rata anuală de depreciere a monedei de referință [-]

I.4.2.2 Durata de recuperare a investiției suplimentare datorată aplicării soluțiilor de modernizare, N_R , se determină prin rezolvarea ecuației algebrice neliniare:

$$C_{INV(m)} \cdot \Delta\beta - \delta_T \cdot C_t \cdot \Delta E_t(T) \cdot X_T - (1 - \delta_T) \cdot [C_G \cdot \Delta E_t(G) \cdot X_G + C_E \cdot \Delta E_E(G) \cdot X_E] = 0 \quad (I.4.4)$$

în care:

$\delta_T = 1$ implică clădire ale cărei instalații de furnizare a utilităților termice sunt racordate la sistemul de încălzire districtuală;

$\delta_T = 0$ implică clădire ale cărei instalații de furnizare a utilităților termice sunt racordate la o sursă proprie (cazan de apă caldă);

C_t - costul specific al căldurii furnizată în sistemul de încălzire districtuală [Euro/kWh];

C_G - costul specific al căldurii produse în surse proprii (provenită din arderea combustibililor) [Euro/kWh];

C_E - costul specific al energiei electrice [Euro/kWh];

$\Delta E_t(T)$ - economia de căldură provenită din sistemul de încălzire districtuală [kWh/an];

$\Delta E_t(G)$ - economia de căldură provenită din arderea combustibililor [kWh/an];

$\Delta E_E(G)$ - economia de energie electrică [kWh/an];

NOTA: Energia electrică se consumă, de exemplu, pentru acționarea pompelor de circulație, a valvelor arzătorului și a unor elemente de măsură și control.

În ecuația (I.4.4) se explicitează:

$$X_T = \sum_{t=1}^{N_R} \left(\frac{1+f_t}{1+i} \right)^t; \quad X_G = \sum_{t=1}^{N_R} \left(\frac{1+f_G}{1+i} \right)^t; \quad X_E = \sum_{t=1}^{N_R} \left(\frac{1+f_{Et}}{1+i} \right)^t;$$

Valorile X_T , X_G , X_E utilizate în inegalitatea (I.4.5) se determină pentru valori N care satisfac inegalitatea dublă (I.4.6).

I.4.2.3 Condiția ca o investiție să fie considerată rentabilă este dată de inegalitatea:

$$VNA_{(m)} - VNA_{(a)} < 0 \quad (I.4.5)$$

cu condiția ca intervalul de calcul N să satisfacă dubla inegalitate:

$$N_R < N \leq N_S \quad (I.4.6)$$

I.4.2.4 Valoarea N_S a duratei de viață utilizată în dubla inegalitate (I.4.6) se consideră după cum urmează:

- ☐ În cazul soluțiilor care reprezintă un echipament sau o tehnologie, valoarea N_S este conformă cu datele oferite de furnizor;
- ☐ În cazul soluțiilor compozite, valoarea N_S este impusă de echipamentul sau tehnologia cu durată de viață minimă care condiționează performanță tehnică a soluției analizate.

I.4.2.5 În cazul în care beneficiarul soluțiilor de modernizare apelează la credit bancar pentru realizarea acestora se determină valoarea lunară a ratei de rambursare a creditului cu relația (I.3.14) și se analizează în raport cu venitul mediu lunar al beneficiarului în scopul verificării criteriului de suportabilitate al acestuia. Valoarea rezultată prin aplicarea relației (I.3.14) este valoarea reală a ratei de plată a creditului și NU valoarea netă actualizată.

I.4.2.6 Soluția eficientă, din punct de vedere al beneficiarului de investiție care a angajat un credit bancar, implică:

$$\begin{cases} N_c \leq N_R & (a_c = 1) \\ N \gg N_R & (a_c < 1) \end{cases} \quad (I.4.7)$$

respectiv soluții tehnice de bună calitate cu durată de viață maximă.

I.4.3 Elaborarea Raportului de Audit Energetic

Raportul de audit energetic se elaborează pe baza analizei tehnice și economice a soluțiilor de reabilitare/modernizare energetică a cladirilor.

Raportul de audit energetic conține elementele necesare alegerii soluțiilor de modernizare energetică a clădirii.

Întocmirea raportului de audit energetic este un element esențial al procedurii de realizare a auditului energetic și reprezintă o prezentare a modului în care a fost efectuat auditul, a principalelor caracteristici energetice ale clădirii, a măsurilor propuse de modernizare energetică a clădirii și instalațiilor aferente acesteia, precum și a concluziilor referitoare la măsurile eficiente din punct de vedere economic. Această prezentare trebuie adaptată de fiecare dată funcție de beneficiarul potențial al raportului, ținând seama de faptul că în final acesta va fi cel care va decide în privința modernizării energetice a clădirii. Forma în care este întocmit raportul de audit energetic, prezentarea acestuia, modul de redactare, claritatea și ușurința de interpretare a conținutului acestuia sunt esențiale pentru beneficiarul raportului.

Raportul de audit energetic al unei clădiri trebuie să cuprindă următoarele elemente:

- ❑ Date de identificare a clădirii supuse auditului energetic și a proprietarului / administratorului acesteia.
 - Numele și prenumele proprietarului (în cazul unui singur proprietar) sau denumirea asociației de proprietari (în cazul mai multor proprietari) și numele administratorului clădirii;
 - Adresa clădirii: stradă, număr, oraș și județ / sector, cod poștal;
 - Numărul de telefon al proprietarului sau al administratorului clădirii (responsabil).
- ❑ Date de identificare a auditorului energetic pentru clădiri sau a biroului de consultanță energetică care a efectuat analiza termică și energetică și auditul energetic al clădirii.
 - Numele auditorului energetic pentru clădiri, adresă, nr. telefon, nr. certificat de atestare,
 - Data efectuării analizei termice și energetice,
 - Nr. dosarului de audit energetic,
 - Data efectuării raportului de audit energetic,
- ❑ Prezentarea generală a raportului de audit energetic și sinteza pachetelor de măsuri tehnice cu eficiența economică cea mai mare, propuse pentru modernizarea energetică a clădirii:
 - Scurtă prezentare a fiecărui pachet de măsuri preconizate,
 - Costul total al fiecărui pachet de măsuri,
 - Economii de combustibil estimate pentru fiecare pachet,
 - Indicatorii de eficiență economică a pachetelor de măsuri preconizate,
 - Sugestii privind realizarea lucrărilor de modernizare și privind finanțarea acestora.
- ❑ Prezentarea detaliată a pachetelor de măsuri tehnice propuse pentru modernizarea energetică a clădirii – sub forma unui dosar tehnic de audit energetic al clădirii.
 - Sinteza raportului de analiză termică și energetică cu prezentarea clădirii în starea sa actuală și principalele caracteristici energetice care atestă performanța energetică actuală a construcției și instalației de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acesteia;
 - Date de intrare pentru analiza economică a măsurilor tehnice preconizate: prețuri pentru energie, rata anuală de creștere a prețurilor energiei, rata anuală de depreciere a monedei utilizate etc.;
 - Descrierea detaliată a măsurilor de modernizare energetică preconizate și rezultatele analizei tehnice și economice ale fiecărui pachet de măsuri.

Capitolul al II-lea: CERTIFICATUL DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL CLĂDIRII

II. 1 OBIECT, DOMENIU DE APLICARE, REFERINȚE NORMATIVE, TERMINOLOGIE, NOTAȚII

II.1.1 Domeniu de aplicare

Certificarea energetică a clădirilor reprezintă activitatea de clasificare energetică a clădirilor prin încadrarea în clase de performanță energetică și de mediu, de notare din punct de vedere energetic și elaborarea certificatului de performanță energetică.

Elaborarea certificatului de performanță energetică al unei clădiri presupune parcurgerea următoarelor etape:

1. Evaluarea performanței energetice a clădirii în condiții normale de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale sistemului construcție – instalații aferente (încălzire, preparare / furnizare a apei calde de consum, ventilare și climatizare, iluminat artificial).
2. Definirea clădirii de referință atașată clădirii reale și evaluarea performanței energetice a acesteia.
3. Încadrarea în clase de performanță energetică și de mediu a clădirii.
4. Notarea din punct de vedere energetic a clădirii.
5. Întocmirea certificatului de performanță energetică al clădirii.

II.1.3 Termeni și definiții

Pentru utilizarea acestei reglementări tehnice se aplică termenii și definițiile din Legea nr. 372/2005 și definițiile următoare:

II.1.3.1 Analiză termică și energetică a clădirii

Operațiune prin care se identifică principalele caracteristici termice și energetice ale construcției și ale instalațiilor aferente acesteia și determinarea consumurilor anuale de energie pentru încălzirea spațiilor, ventilare / climatizare, apă caldă de consum și iluminat

II.1.3.2 Diagnoză energetică

Operațiune prin care se stabilește starea unei clădiri din punctul de vedere al utilizării energiei, prin compararea valorii globale a indicelui de consum de energie cu valoarea corespunzătoare clădirii de referință

II.1.3.3 Dosar de audit energetic

Ansamblu de documente cu rol de trasabilitate pentru totalitatea operațiunilor legate de activitatea de audit energetic al unei clădiri

II.1.3.4 Utilizarea rațională a energiei

Utilizarea energiei în scopul asigurării condițiilor normale de locuire în conformitate cu exigențele și criteriile de performanță normate și în conformitate cu eficiența energetică a construcției și instalațiilor aferente acesteia, caracteristică situației de proiect

II.1.3.5 Utilizarea eficientă a energiei

Îndeplinirea condițiilor specifice utilizării raționale a energiei pentru asigurarea condițiilor normale de locuire, cu un consum de căldură cât mai redus

II.1.3.6 Clădire de referință

Clădire având în principiu aceleași caracteristici de alcătuire ca și clădirea reală și în care se asigură utilizarea eficientă a energiei termice

II.1.3.7 Măsură (soluție) de modernizare energetică

Intervenție asupra construcției sau/și instalațiilor aferente acesteia, cu scopul reducerii consumului de energie al clădirii

II.1.4 Simboluri și notații

Tabelul II.1 – Simboluri și unități de măsură

Simbol	Mărime	Unitate de măsură
N	notă energetică	-
p	coeficient de penalizare	-
q	consum anual normal specific de energie	kWh/m ² an
$S_{înc}$	aria utilă a spațiilor încălzite / climatizate (ocupate)	m ²

Tabelul II.2 – Indici

acm	apă caldă de consum
clim	climatizare
il	iluminat artificial
înc	încălzirea spațiilor
m	minim
M	maxim
vm	ventilare mecanică
C	clădire reală
R	clădire de referință

II.2. ELABORAREA CERTIFICATULUI DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL UNEI CLĂDIRI

II.2.1. Generalități

Certificarea energetică a unei clădiri implică parcurgerea următoarelor etape principale:

- ☐ Efectuarea analizei termice și energetice a clădirii;
- ☐ Elaborarea certificatului de performanță energetică pe baza raportului de analiză termică și energetică.

Certificatul de performanță energetică se acordă pentru clădiri sau pentru părți din clădiri (apartamente, scări/ tronsoane de bloc) în conformitate cu părțile I și II din Metodologie.

II.2.2. Elaborarea certificatului de performanță energetică al unei clădiri

În urma analizei termoeenergetice, se va întocmi un *Raport de analiză termică și energetică a clădirii* (principalele caracteristici tehnice și energetice ale clădirii analizate, datele referitoare la modul de determinare a consumului total anual de energie pentru încălzire, ventilare / climatizare, iluminat artificial și prepararea apei calde de consum, estimat pentru clădirea analizată - date de intrare, breviar de calcul sau

denumirea programului de calcul atestat utilizat -, iar la capitolul *Concluzii* va cuprinde în mod distinct toate informațiile care caracterizează din punct de vedere energetic clădirea și care urmează a fi înscrise în certificatul de performanță energetică, inclusiv punctajul energetic acordat clădirii).

Dosarul cuprinde următoarele:

- Raportul de analiză termică și energetică a clădirii,
- Certificatul de performanță energetică completat și semnat.

II.3. CONȚINUTUL CERTIFICATULUI DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL UNEI CLĂDIRI

Fiecare certificat de performanță energetică realizat conform prezentei Metodologii va conține cel puțin următoarele informații privind construcția și instalațiile aferente acestora:

II.3.1. Date privind evaluarea performanței energetice a clădirii (certificat - fața):

1.1. Titlatura: "Certificat de performanță energetică" și sistemul de certificare utilizat (reglementarea tehnică aplicabilă – *Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor*).

1.2. Numărul de înregistrare al certificatului de performanță energetică.

Numărul de înregistrare al certificatului de performanță energetică va fi compus din 18 cifre împărțite în trei grupe având următoarea semnificație (fig. II.3.1):

- șase cifre reprezentând codul poștal al localității în raza căreia este situată clădirea;
- șase cifre care alcătuiesc numărul de înregistrare al certificatului de performanță energetică;
- șase cifre reprezentând data eliberării certificatului de performanță energetică.

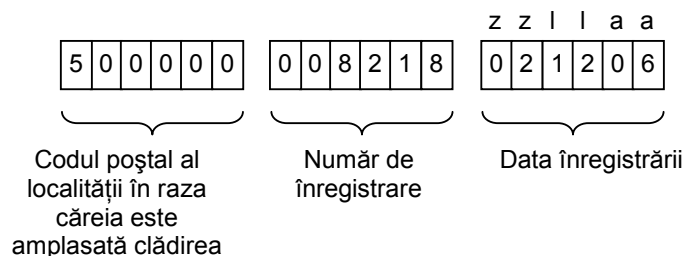


Fig. II.3.1 - Numărul certificatului de performanță energetică (exemplu)

1.3. Date privind clădirea certificată:

1.3.1. Adresa clădirii: stradă, număr, oraș și județ / sector, cod poștal;

1.3.2. Categoria și tipul clădirii;

1.3.3. Regimul de înălțime al clădirii (ex. S + P + 4);

1.3.4. Anul sau perioada construirii (ex. 1984 sau 1984-85);

1.3.5. Aria utilă a spațiului condiționat (direct sau indirect - prin elementele de construcție adiacente, lipsite de o termoizolație semnificativă) ale clădirii. În acest sens se consideră ca făcând parte din spațiul încălzit al clădirii: camere, debarale, vestibuluri, holuri de intrare în apartamente, incinte cu destinație tehnologică (uscătorii, spălătorii etc.), scări interioare în apartamente, A_{inc} , [m²], conform Metodologie partea I

Observații:

1. În cazul clădirilor de locuit A_{inc} reprezintă suma ariilor utile ale apartamentelor din componența clădirii analizate, conform Metodologie partea I, la care se adaugă aria suprafețelor cu destinație tehnologică la clădiri colective (uscătorii, spălătorii etc.).

2. Nu se cuprind în A_{inc} : casa scărilor la clădirile de tip condominiu, windfangurile, coridoarele și holurile de folosință comună, precum și suprafețele spațiilor anexe.

1.3.6. Aria construită desfășurată a clădirii

1.3.7. Volumul interior al spațiului condiționat al clădirii – conform Metodologie partea I;

1.4. Date de identificare a auditorului energetic pentru clădiri:

1.4.1. Numele și prenumele auditorului energetic pentru clădiri (persoana care răspunde de analiza termică și energetică și de elaborarea certificatului de performanță energetică);

1.4.2. Specialitatea (conform certificatului de atestare);

1.4.3. Nr. de Certificatului de atestare al auditorului energetic pentru clădiri;

1.5. Motivul elaborării certificatului energetic: Vânzare / cumpărare, asigurare, închiriere, modernizare energetică, informativ sau altul.

1.6. Consumul de energie specific total anual pentru încălzire, ventilare, climatizare, prepararea apei calde de consum și iluminat, în condiții normale de microclimat – estimat conform părților I și II ale Metodologiei [kWh/m²an].

1.7. Nota energetică acordată clădirii, determinată conform cap. II.4 din normativul de față.

1.8. Clasa energetică în care se încadrează clădirea funcție de scala energetică (a se vedea cap. II.4.1).

1.9. Indice specific de necesar de căldură pentru încălzire aferent construcției, pentru clădirea de referință – estimat conform părților I și II ale Metodologiei [kWh/m²an], în ipotezele menționate la pct. 1.10 și conform caracteristicilor clădirii de referință (a se vedea cap. II.4.6 din normativul de față).

1.10. Valorile consumurilor de energie specifice anuale pentru încălzire, pentru ventilare / climatizare, pentru prepararea apei calde de consum și pentru iluminat, în condiții normale de microclimat – conform Metodologie partea I [kWh/m²an].

1.11. Încadrarea în clase de consum energetic funcție de valorile consumurilor de căldură specifice anuale pentru încălzire, ventilare / climatizare, prepararea apei calde de consum și iluminat, în raport cu grilele de clasificare a clădirilor (a se vedea cap. II.4.1).

1.12. Date privind responsabilitatea auditorului energetic pentru clădiri:

- ☐ Data completării dosarului, respectiv data elaborării certificatului de performanță energetică;
- ☐ Numărul dosarului;
- ☐ Ștampila și semnătura auditorului energetic pentru clădiri.

1.13. Denumirea și versiunea programului de calcul utilizat la elaborarea certificatului de performanță energetică (inclusiv la estimarea necesarului și consumului de energie al clădirii).

II.3.2. Date privind evaluarea performanței energetice a clădirii (certificat - verso):

2.1. Grile de clasificare energetică funcție de consumul de energie specific anual – pentru încălzirea spațiilor, ventilare mecanică, climatizare, prepararea apei calde de consum și iluminat și total (a se vedea cap. II.4.1).

2.2. Consumul de energie total anual specific determinat conform părților I și II ale Metodologiei pentru clădirea de referință [kWh/m²an].

2.3. Nota energetică pentru clădirea de referință.

2.4. Penalizări acordate clădiri certificate: Punctaj total penalizări (p_0) și motivele acestora (acolo unde este cazul).

2.5. Recomandări pentru reducerea costurilor prin îmbunătățirea performanței energetice a clădirii.

2.6. Perioada de valabilitate a Certificatului de performanță energetică (10 ani de la data înregistrării acestuia).

2.7. Alte mențiuni

II.3.3. Date tehnice privind clădirea și instalațiile aferente acesteia (anexă):

3.1. Date privind construcția:

- ☐ Tipul clădirii: bloc, casă individuală, casă tip șir.
- ☐ Categoria clădirii: locuințe, birouri, comerț, spital, învățământ, hotel etc.
- ☐ Nr. niveluri: P, S + P, S + P + nr. etaje etc.
- ☐ Nr. de unități funcționale / apartamente și suprafețe utile a spațiilor încălzite:

Tip. ap.	Aria utilă a unui apartament [m ²]	Nr. ap.	S _{inc} [m ²]
1 cam. 2 cam. 3 cam. 4 cam. 5 cam.			(1) x (2)
TOTAL		Σ(2)	Σ(3)

- ☐ Volumul total al clădirii:
- ☐ Caracteristici geometrice și termotehnice ale anvelopei:

Tip element de construcție	Rezistența termică corectată [m ² K/W]	Aria [m ²]
0	1	2
PE FE TE Sb CS ...		
Total arie exterioară [m ²]		Σ(2)

- ☐ Indice de compactitate al clădirii, S_E / V [m⁻¹];

3.2. Date privind instalația de încălzire interioară:

- ☐ Sursa de energie pentru încălzirea spațiilor:
 - Sursă proprie – se specifică tipul de combustibil,
 - Centrală termică de cartier,
 - Termoficare – punct termic central,
 - Termoficare – punct termic local,
 - Altă sursă sau sursă mixtă: se prezintă pe scurt.
- ☐ Tipul sistemului de încălzire:
 - Încălzire locală cu sobe,
 - Încălzire centrală cu corpuri statice,
 - Încălzire centrală cu aer cald,
 - Încălzire centrală cu planșee încălzitoare,
 - Alt sistem de încălzire: se prezintă pe scurt.
- ☐ Date privind instalația de încălzire locală cu sobe:
 - Numărul sobelor;
 - Tipul sobelor – mărime / tip cahle.
- ☐ Date privind instalația de încălzire interioară cu corpuri statice:
 - Număr de corpuri statice (pentru locuințe se specifică nr. de corpuri statice din spațiul locuit, respectiv din spațiul comun);
 - Tip / Tipuri corpuri statice;
 - Suprafață echivalentă termic (pentru locuințe: din spațiul locuit, respectiv din spațiul comun);
 - Tip distribuție a agentului termic de încălzire;

- Necesarul de căldură de calcul – din proiectul instalației de încălzire [W];
 - Racord la sursa centralizată cu căldură: racord unic / multiplu, diametru nominal [mm], disponibil de presiune în condiții nominale [mmCA];
 - Echipament de măsurare a consumului de căldură: tip contor, anul instalării, existența vizei metrologice;
 - Gradul de dotare cu elemente de reglaj termic și hidraulic, la nivel de: racord, coloane, corpuri statice;
 - Lungimea totală a rețelei de distribuție amplasată în spații neîncălzite [m];
 - Debitul nominal de agent termic de încălzire [l/h];
 - Curba medie normală de reglaj a temperaturii de ducere corelată cu consumul mediu de căldură estimat la nivelul clădirii, funcție de temperatura exterioară (cel puțin șase puncte între -15°C și +10°C), trasată pentru debitul nominal de agent termic.
- Date privind instalația de încălzire interioară cu planșeu încălzitor:
- Aria planșeului încălzitor,
 - Lungimea și diametrul nominal al serpentinelor încălzitoare;
 - Tipul elementelor de reglaj termic din dotarea instalației.
- 3.3. Date privind instalația de apă caldă de consum:
- Puncte de consum a.c.m. / a.r.;
 - Numărul de obiecte sanitare - pe tipuri;
 - Racord la sursa centralizată cu căldură: racord unic / multiplu, diametru nominal [mm], presiune disponibilă în condiții nominale [mmCA];
 - Conducta de recirculare a a.c.m.: existența și starea de funcționare;
 - Echipament de măsurare a consumului de căldură: tip contor, anul instalării, existența vizei metrologice;
 - Echipamente de măsurare a consumului de apă la nivelul punctelor de consum: tip contor, anul instalării;
 - Pierderi estimate pentru instalație de apă caldă de consum [kWh/m²an];
 - Consum specific de apă caldă la nivelul punctelor de consum și la nivelul racordului la sursa de căldură.
- 3.4. Date privind instalația de ventilare mecanică,
- 3.5. Date privind instalația de climatizare a spațiilor,
- 3.6. Date privind instalația de iluminat.

II.4. NOTAREA CLĂDIRILOR ÎN VEDEREA CERTIFICĂRII ENERGETICE A ACESTORA

II.4.1. Introducere

Notarea din punct de vedere energetic a unei clădiri se efectuează funcție de consumul specific anual normal de căldură estimat pe baza analizei termice și energetice a clădirii, conform metodologiei prezentate în cap. I.2.

Notele înscrise în certificatul de performanță al clădirii vizează *clădirea reală analizată* și *clădirea de referință* aferentă clădirii analizate.

Notarea din punct de vedere energetic este corelată strict cu grila de clasificare funcție de consumul energetic specific anual caracteristică fondului de clădiri existent. Grila de consum energetic vizează atât încălzirea spațiilor, ventilarea / climatizarea, prepararea apei calde de consum și iluminatul cât și consumul energetic specific total, ca sumă a celor patru tipuri de consum energetic menționate, după caz.

În continuare se prezintă etapele principale necesare notării energetice a clădirilor.

II.4.2. Grile de notare energetică a clădirilor

II.4.2.1. Stabilirea caracteristicilor energetice ale clădirilor existente și a domeniului de notare energetică

Caracteristicile energetice ale clădirilor reprezintă valorile maxime și minime posibile ale consumului specific de căldură, diferențiat pe utilități termice și respectiv total. Pentru toate tipurile de clădiri în România la nivelul anului 2005 se consideră următoarele valori ale caracteristicilor energetice:

1. Încălzirea spațiilor:

$$q_{inc}^{(M)} = 500 \text{ kWh/m}^2\text{an},$$

$$q_{inc}^{(m)} = 70 \text{ kWh/m}^2\text{an};$$

2. Apa caldă de consum:

$$q_{acm}^{(M)} = 200 \text{ kWh/m}^2\text{an},$$

$$q_{acm}^{(m)} = 15 \text{ kWh/m}^2\text{an};$$

3. Climatizare:

$$q_{clim}^{(M)} = 300 \text{ kWh/m}^2\text{an},$$

$$q_{clim}^{(m)} = 20 \text{ kWh/m}^2\text{an};$$

4. Ventilare mecanică:

$$q_{clim}^{(M)} = 30 \text{ kWh/m}^2\text{an},$$

$$q_{clim}^{(m)} = 5 \text{ kWh/m}^2\text{an};$$

5. Iluminat:

$$q_{il}^{(M)} = 120 \text{ kWh/m}^2\text{an},$$

$$q_{il}^{(m)} = 40 \text{ kWh/m}^2\text{an};$$

6. Total utilități termice:

$$q_T^{(M)} = 1150 \text{ kWh/m}^2\text{an},$$

$$q_T^{(m)} = 150 \text{ kWh/m}^2\text{an};$$

în care:

$q^{(M)}$ - consumul energetic specific maxim,

$q^{(m)}$ - consumul energetic specific minim.

Indicele specific de consum energetic, q , se obține prin raportarea consumului energetic anual estimat la aria utilă totală a spațiilor încălzite, A_{inc} , a clădirii certificate.

Domeniul de notare energetică este definit prin intervalul dintre nota maximă și minimă, precum și de scala de notare energetică a clădirilor:

Nota maximă acordată clădirii: $N_{(M)} = 100$ puncte,

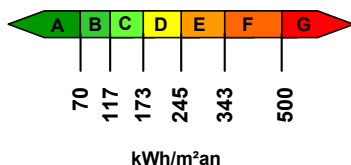
Nota minimă acordată clădirii: $N_{(m)} = 20$ puncte;

II.4.2.2. Stabilirea scalei energetice a clădirilor

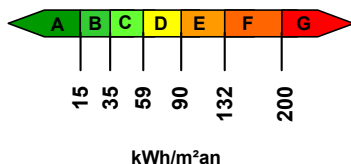
Scala energetică sau **grila de clasificare energetică a clădirilor** stabilește valorile consumului specific de căldură (total și pe tipuri de utilități) în funcție de domeniul de notare stabilit la pct. II.4.2.1.

Scala energetică se definește prin corespondența valorilor de consum specific de căldură, q [kWh/m²an], cu nota energetică, în intervalul [$N_{(m)}$, $N_{(M)}$], cu pasul de 16 puncte, după cum urmează:

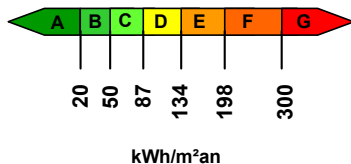
a) ÎNCĂLZIRE:



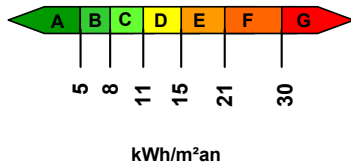
b) APĂ CALDĂ DE CONSUM:



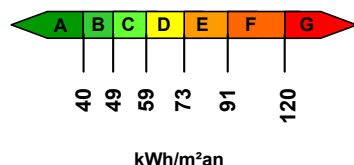
c) CLIMATIZARE:



d) VENTILARE MECANICĂ:



e) ILUMINAT:



TOTAL UTILITĂȚI TERMICE¹:

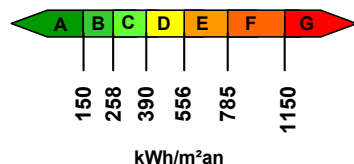


Fig. II.4.1 – Grilele de clasificare energetică (scala energetică) funcție de consumul de căldură specific anual

II.4.3. Determinarea valorilor reprezentative ale consumului anual specific de energie al clădirilor

Consumul specific de energie anual pentru încălzirea spațiilor, ventilare / climatizare, prepararea apei calde de consum și iluminat se determină conform părților I și II ale Metodologiei.

A. Clădirea reală analizată, având caracteristicile determinate conform I.2. Se determină următoarele valori ale consumului specific de căldură (după caz):

$$q_T^{(C)} = q_{inc}^{(C)} + q_{acm}^{(C)} + q_{c_{lim}}^{(C)} + q_{vm}^{(C)} + q_{il}^{(C)} \quad \text{- consumul specific de energie anual pentru încălzirea spațiilor, ventilare / climatizare, prepararea apei calde de consum și iluminat} \quad [\text{kWh/m}^2\text{an}]$$

B. Clădirea de referință aferentă clădirii analizate, caracterizată de utilizarea eficientă a căldurii, având caracteristicile conform cap. II.4.6:

$$q_T^{(R)} = q_{inc}^{(R)} + q_{acm}^{(R)} + q_{c_{lim}}^{(R)} + q_{vm}^{(R)} + q_{il}^{(R)} \quad \text{- consumul specific de energie anual pentru încălzirea spațiilor, ventilare / climatizare, prepararea apei calde de consum și iluminat} \quad [\text{kWh/m}^2\text{an}]$$

II.4.4. Notarea din punct de vedere energetic a clădirii analizate și a clădiri de referință

Pe baza valorilor consumurilor specifice de energie determinate conform părților I și II ale Metodologiei și pe baza domeniului de notare energetică conform pct. II.4.2, se determină notele energetice după cum urmează:

- clădirii analizate, caracterizată de consumul specific de energie estimat $q_T^{(C)}$, i se atribuie nota N_C ;
- clădirii de referință, caracterizată de consumul specific de energie estimat $q_T^{(R)}$, i se atribuie nota N_R ;

Relația de determinare a notei energetice funcție de consumul specific anual de energie estimat, q_T , al clădirii considerate este următoarea:

$$N = \begin{cases} \exp(-B_1 \cdot q_T \cdot p_o + B_2), & \text{pentru } (q_T \cdot p_o) > q_{TM} \text{ kWh/m}^2\text{an} \\ 100, & \text{pentru } (q_T \cdot p_o) \leq q_{TM} \text{ kWh/m}^2\text{an} \end{cases} \quad (\text{II.4.1})$$

în care:

¹ În funcție de dotarea cu utilități a clădirii grila totală se determină prin însumarea grilelor energetice aplicabile (a se vedea cap. II.4.4)

B_1, B_2 - coeficienți numerici determinați din tabelul II.4.2 în funcție de cazul de încadrare a clădirii din punct de vedere al utilităților existente conform tabelului II.4.1,

p_o - coeficient de penalizare a notei acordate clădirii funcție de gradul de utilizare a energiei în raport cu nivelul rațional, corespunzător normelor minime de igienă și întreținere a clădirii și instalațiilor interioare, determinat conform cap. II.4.5,

q_{TM} - consumul specific anual normal de energie maxim, obținut prin însumarea valorilor maxime din scalele energetice proprii utilităților existente / aplicabile, conform fig. II.4.1.

Tabel II.4.1

Utilități Caz	Încălzire	Apă caldă de consum	Climatizare	Ventilare mecanică	Iluminat
1					
2					
3					
4					

Tabel II.4.2

Utilități Caz	B_1	B_2	q_{Tm}	q_{TM}
1	0,001053	4,73677	125	820
2	0,000761	4,71556	145	1120
3	0,001016	4,73724	130	850
4	0,000742	4,71646	150	1150

Procedura de notare energetică a unei clădiri constă în următoarele:

- în funcție de dotarea cu utilități a clădirii analizate, aceasta se încadrează în unul din cazurile din tabelul II.4.1 (de exemplu o clădire prevăzută cu instalație de încălzire a spațiilor și de preparare a apei calde de consum și cu instalație de iluminat artificial, dar care nu este prevăzută cu instalație de ventilare mecanică sau de climatizare se încadrează în cazul 1 din tabelul II.4.1),
- pentru cazul aplicabil din tabelul II.4.2 se aleg coeficienții numerici B_1 și B_2 și consumul maxim q_{TM} ,
- se determină nota energetică cu relația (II.4.1)

II.4.5. Penalizări acordate clădirii certificate

Penalizările acordate clădirii la notarea din punct de vedere energetic a acesteia sunt datorate unor deficiențe de întreținere și exploatare a clădirii și instalațiilor aferente acesteia, având drept consecințe utilizarea nerațională a energiei. Acestea se determină cu relația:

$$p_o = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 \cdot p_8 \cdot p_9 \cdot p_{10} \cdot p_{11} \cdot p_{12} \quad (\text{II.4.2})$$

în care:

p_1 - coeficient de penalizare funcție de starea subsolului tehnic al clădirii – pentru clădiri colective, determinat conform tabelului II.4.3

Tabel II.4.3

Starea subsolului tehnic	p ₁
Uscată și cu posibilitate de acces la instalația comună	1,00
Uscată, dar fără posibilitate de acces la instalația comună	1,01
Subsol inundat / inundabil (posibilitatea de refulare a apei din canalizarea exterioară)	1,05

Observație: Pentru clădiri individuale, p₁ = 1,00.

p₂ - coeficient de penalizare funcție de utilizarea ușii de intrare în clădire clădirii – pentru clădiri colective, determinat conform tabelului II.4.4,

Tabel II.4.4

Ușa de intrare în clădire	p ₂
Ușa este prevăzută cu sistem automat de închidere și sistem de siguranță (interfon, cheie)	1,00
Ușa nu este prevăzută cu sistem automat de închidere, dar stă închisă în perioada de neutilizare	1,01
Ușa nu este prevăzută cu sistem automat de închidere și este lăsată frecvent deschisă în perioada de neutilizare	1,05

Observație: Pentru clădiri individuale, p₂ = 1,00.

p₃ - coeficient de penalizare funcție de starea elementelor de închidere mobile din spațiile comune (casa scârilor) – către exterior sau către ghene de gunoi – pentru clădiri colective, determinat conform tabelului II.4.5,

Tabel II.4.5

Starea elementelor de închidere mobile	p ₃
Ferestre / uși în stare bună și prevăzute cu garnituri de etanșare	1,00
Ferestre / uși în stare bună, dar neetanșe	1,02
Ferestre / uși în stare proastă, lipsă sau sparte	1,05

Observație: Pentru clădiri individuale, p₃ = 1,00.

p₄ - coeficient de penalizare funcție de starea armăturilor de închidere și reglaj de la corpurile statice – pentru clădiri dotate cu instalație de încălzire centrală cu corpuri statice, determinat conform tabelului II.4.6,

Tabel II.4.6

Situația	p ₄
Corpurile statice sunt dotate cu armături de reglaj și acestea sunt funcționale	1,00
Corpurile statice sunt dotate cu armături de reglaj, dar cel puțin un sfert dintre acestea nu sunt funcționale	1,02
Corpurile statice nu sunt dotate cu armături de reglaj sau cel puțin jumătate dintre armăturile de reglaj existente nu sunt funcționale	1,05

Observație: Pentru clădiri care nu sunt dotate cu instalație de încălzire centrală cu corpuri statice, p₄ = 1,00.

p₅ - coeficient de penalizare funcție de spălarea / curățirea instalației de încălzire interioară – pentru clădiri racordate la un punct termic centralizat sau centrală termică de cartier, determinat conform tabelului II.4.7,

Tabel II.4.7

Situația	p ₅
Corpurile statice au fost demontate și spălate / curățate în totalitate după ultimul sezon de încălzire	1,00
Corpurile statice au fost demontate și spălate / curățate în totalitate înainte de ultimul sezon de încălzire, dar nu mai devreme de trei ani	1,02
Corpurile statice au fost demontate și spălate / curățate în totalitate cu mai mult de trei ani în urmă	1,05

Observație: Pentru clădiri care nu sunt racordate la un punct termic centralizat sau centrală termică de cartier, p₅ = 1,00.

p₆ - coeficient de penalizare funcție de existența armăturilor de separare și golire a coloanelor de încălzire – pentru clădiri colective dotate cu instalație de încălzire centrală, determinat conform tabelului II.4.8,

Tabel II.4.8

Situația	p ₆
Coloanele de încălzire sunt prevăzute cu armături de separare și golire a acestora, funcționale	1,00
Coloanele de încălzire nu sunt prevăzute cu armături de separare și golire a acestora sau nu sunt funcționale	1,03

Observație: Pentru clădiri individuale sau clădiri care nu sunt dotate cu instalație de încălzire centrală, p₆ = 1,00.

p₇ - coeficient de penalizare funcție de existența echipamentelor de măsură pentru decontarea consumurilor de căldură – pentru clădiri racordate la sisteme centralizate de alimentare cu căldură, determinat conform tabelului II.4.9,

Tabel II.4.9

Situația	p ₇
Există contor general de căldură pentru încălzire și pentru apă caldă de consum	1,00
Există contor general de căldură pentru încălzire, dar nu există contor general de căldură pentru apă caldă de consum	1,07
Nu există nici contor general de căldură pentru încălzire, nici contor general de căldură pentru apă caldă de consum, consumurile de căldură fiind determinate în sistem pașal	1,15

Observație: Pentru clădiri cu sistem propriu / local de furnizare a utilităților termice, p₇ = 1,00.

p₈ - coeficient de penalizare funcție de starea finisajelor exterioare ale pereților exteriori – pentru clădiri cu pereți din cărămidă sau BCA, determinat conform tabelului II.4.10,

Tabel II.4.10

Situația	p ₈
Stare bună a tencuielii exterioare	1,00
Tencuială exterioară căzută total sau parțial	1,05

Observație: Pentru clădiri cu pereți exteriori din alte materiale, p₈ = 1,00.

p₉ - coeficient de penalizare funcție de starea pereților exteriori din punct de vedere al conținutului de umiditate al acestora, determinat conform tabelului II.4.11,

Tabel II.4.11

Situația	P ₉
Pereți exteriori uscați	1,00
Pereții exteriori prezintă pete de condens (în sezonul rece)	1,02
Pereții exteriori prezintă urme de igrasie	1,05

p₁₀ - coeficient de penalizare funcție de starea acoperișului peste pod – pentru clădiri prevăzute cu pod nelocuibil, determinat conform tabelului II.4.12,

Tabel II.4.12

Situația	P ₁₀
Acoperiș etanș	1,00
Acoperiș spart / neetanș la acțiunea ploii sau a zăpezii	1,10

Observație: Pentru clădiri fără pod nelocuibil, p₁₀ = 1,00.

p₁₁ - coeficient de penalizare funcție de starea coșului / coșurilor de evacuare a fumului – pentru clădiri dotate cu sisteme locale de încălzire / preparare a apei calde de consum cu combustibil lichid sau solid, determinat conform tabelului II.4.13,

Tabel II.4.13

Situația	P ₁₁
Coșurile au fost curățate cel puțin o dată în ultimii doi ani	1,00
Coșurile nu au mai fost curățate de cel puțin doi ani	1,05

Observație: Pentru alte tipuri de clădiri, p₁₁ = 1,00.

p₁₂ - coeficient de penalizare care ține seama de posibilitatea asigurării necesarului de aer proaspăt la valoarea de confort, determinat conform tabelului II.4.14,

Tabel II.4.14

Situația	P ₁₁
Clădire prevăzută cu sistem de ventilare naturală organizată sau ventilare mecanică	1,00
Clădire fără sistem de ventilare organizată	1,10

II.4.6. Definirea clădirii de referință

Clădirea de referință reprezintă o clădire virtuală având următoarele caracteristici generale, valabile pentru toate tipurile de clădiri considerate conform Părții a III-a a Metodologiei :

- Aceeași formă geometrică, volum și arie totală a anvelopei ca și clădirea reală;
- Aria elementelor de construcție transparente (ferestre, luminatoare, pereți exteriori vitrați) pentru clădiri de locuit este identică cu cea aferentă clădirii reale. Pentru clădiri cu altă destinație decât de locuit aria elementelor de construcție transparente se determină pe baza indicațiilor din Anexa A7.3 din Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor – Partea I-a, în funcție de aria utilă a pardoselii incintelor ocupate (spațiu condiționat);
- Rezistențele termice corectate ale elementelor de construcție din componența anvelopei clădirii sunt caracterizate de valorile minime normate, conform Metodologie Partea I, cap 11.
- Valorile absorbivității radiației solare a elementelor de construcție opace sunt aceleași ca în cazul clădirii de referință;
- Factorul optic al elementelor de construcție exterioare vitrate este (α_t)= 0,26;
- Factorul mediu de însorire al fațadelor are valoarea corespunzătoare clădirii reale;
- Numărul de schimburi de aer din spațiul încălzit este de minimum 0,5 h⁻¹, considerându-se că tâmplăria exterioară este dotată cu garnituri speciale de etanșare, iar ventilarea este de tip controlată,

iar în cazul clădirilor publice / sociale, valoarea corespunde asigurării confortului fiziologic în spațiile ocupate (cap. 9.7 Metodologie Partea I);

- h) Sursa de căldură pentru încălzire și preparare a apei calde de consum este, după caz:
- stație termică compactă racordată la sistem districtual de alimentare cu căldură, în cazul clădirilor reale racordate la astfel de sisteme districtuale,
 - centrală termică proprie funcționând cu combustibil gazos (gaze naturale sau GPL) și cu preparare a apei calde de consum cu boiler cu acumulare, pentru clădiri care nu sunt racordate la un sistem de încălzire districtuală;
- i) Sistemul de încălzire este de tipul încălzire centrală cu corpuri statice, dimensionate conform reglementărilor tehnice în vigoare;
- j) Instalația de încălzire interioară este dotată cu elemente de reglaj termic și hidraulic atât la baza coloanelor de distribuție (în cazul clădirilor colective), cât și la nivelul corpurilor statice; de asemenea, fiecare corp de încălzire este dotat cu repartitoare de costuri de încălzire;
- k) În cazul sursei de căldură centralizată, instalația interioară este dotată cu contor de căldură general (la nivelul racordului la instalațiile interioare) pentru încălzire și apă caldă de consum la nivelul racordului la instalațiile interioare, în aval de stația termică compactă;
- l) În cazul clădirilor de locuit colective, instalația de apă caldă este dotată cu debitmetre înregistratoare montate pe punct de consum de apă caldă din apartamente;
- m) Randamentul de producere a căldurii aferent centralei termice este caracteristic echipamentelor moderne noi; nu sunt pierderi de fluid în instalațiile interioare;
- n) Conductele de distribuție din spațiile neîncălzite (ex. subsolul tehnic) sunt izolate termic cu material caracterizat de conductivitate termică $\lambda_{iz} \leq 0,05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, având o grosime de minimum 0,75 ori diametrul exterior al conductei;
- o) Instalația de apă caldă de consum este caracterizată de dotările și parametrii de funcționare conform proiectului, iar consumul specific de căldură pentru prepararea apei calde de consum este de $1068 \cdot N_p / A_{inc} [\text{kWh/m}^2\text{an}]$, unde N_p reprezintă numărul mediu normalizat de persoane aferent clădirii certificate, iar A_{inc} reprezintă aria utilă a spațiului încălzit / condiționat;
- p) În cazul în care se impune climatizarea spațiilor ocupate, randamentul instalației de climatizare este aferent instalației, mai corect reglată din punct de vedere aerulic și care funcționează conform procesului cu consum minim de energie;
- q) În cazul climatizării spațiilor ocupate, consumul de energie este determinat în varianta utilizării răcirii în orele de noapte pe baza ventilării naturale / mecanice (după caz);
- r) Nu se acordă penalizări conform cap. II.4.5 din normativul de față, $p_0 = 1,00$.

ANEXE

- ANEXA 1** Fișa de analiză termică și energetică (model)
- ANEXA 2** Soluții tehnice de modernizare energetică a clădirilor
- ANEXA 3** Soluții de modernizare termotehnică a anvelopei construcției – elemente de construcție opace
- ANEXA 4** Soluții de îmbunătățire a tâmplăriei exterioare
- ANEXA 5** Lista soluțiilor tehnice propuse pentru modernizarea energetică a clădirilor de locuit alimentate de la sistem centralizat de alimentare cu căldură
- ANEXA 6** Lista soluțiilor tehnice propuse pentru modernizarea energetică a clădirilor de locuit individuale sau înșiruite dotate cu sursă proprie de căldură
- ANEXA 7** Date primare privind costul măsurilor de reabilitare și modernizare pentru analiza economică în cadrul auditului energetic al clădirilor
- ANEXA 8** Model de certificat de performanță energetică al clădirii
- ANEXA 9** Rezistențe termice corectate pentru clădirea de referință
- ANEXA 10** Consumuri specifice de căldură pentru prepararea apei calde de consum pentru clădirea de referință

Fișa de analiză termică și energetică (model)

Clădirea:

Adresa:

Proprietar:

☐ Categoria clădirii:

☐ locuințe

☐ birouri

☐ spital

☐ comerț

☐ hotel

☐ autorități locale / guvern

☐ școală

☐ cultură

☐ altă destinație: cămin – centru plasament copii

☐ Tipul clădirii:

☐ individuală

☐ înșiruită

☐ bloc

☐ tronson de bloc

☐ Zona climatică în care este amplasată clădirea:

☐ Regimul de înălțime al clădirii: S + P + ... E

☐ Anul construcției:

☐ Proiectant / constructor:

☐ Structura constructivă:

☐ zidărie portantă

☐ cadre din beton armat

☐ pereți structurali din beton armat

☐ stâlpi și grinzi

☐ diafragme din beton armat

☐ schelet metalic

☐ Existența documentației construcției și instalației aferente acesteia:

☐ partiu de arhitectură pentru fiecare tip de nivel reprezentativ,

☐ secțiuni reprezentative ale construcției ,

☐ detalii de construcție,

☐ planuri pentru instalația de încălzire interioară,

☐ schema coloanelor pentru instalația de încălzire interioară,

☐ planuri pentru instalația sanitară,

☐ Gradul de expunere la vânt:

☐ adăpostită

☐ moderat adăpostită

☐ liber expusă (neadăpostită)

☐ Starea subsolului tehnic al clădirii:

☐ Uscat și cu posibilitate de acces la instalația comună,

☐ Uscat, dar fără posibilitate de acces la instalația comună,

☐ Subsol inundat / inundabil (posibilitatea de refulare a apei din canalizarea exterioară),

- ☐ Plan de situație / schița clădirii cu indicarea orientării față de punctele cardinale, a distanțelor până la clădirile din apropiere și înălțimea acestora și poziționarea sursei de căldură sau a punctului de racord la sursa de căldură exterioară.



- ☐ Identificarea structurii constructive a clădirii în vederea aprecierii principalelor caracteristici termotehnice ale elementelor de construcție din componența anvelopei clădirii: tip, arie, straturi, grosimi, materiale, punți termice:

☒ **Pereți exteriori opaci:**

✓ alcătuire:

PE	Descriere	Arie [m ²]	Straturi componente (i → e)		Coeficient reducere , r
			Material	Grosime [m]	

✓ Aria totală a pereților exteriori opaci [m²]:

✓ Stare: ☐ bună, ☐ pete condens, ☐ igrasie,

✓ Starea finisajelor: ☐ bună, ☐ tencuială căzută parțial / total,

✓ Tipul și culoarea materialelor de finisaj: Tencuială similipiatră culoare combinată cenușiu – verde,

☐ Rosturi despărțitoare pentru tronsoane ale clădirii: nu este cazul

☒ **Pereți către spații anexe (casa scărilor, ghene etc.):**

P	Descriere	Arie [m ²]	Straturi componente (i → e)		Coeficient reducere, r [%]
			Material	Grosime [m]	

✓ Aria totală a pereților către casa scărilor [m²]:

✓ Volumul de aer din casa scărilor [m³]:

☒ **Planșeu peste subsol:**

PSb	Descriere	Arie [m ²]	Straturi componente (i → e)		Coeficient reducere, r
			Material	Grosime [m]	

✓ Aria totală a planșeului peste subsol [m²]:

✓ Volumul de aer din subsol [m³]:

☒ **Terasă / acoperiș:**

- ✓ Tip: ☐ circulabilă, ☐ necirculabilă,
- ✓ Stare: ☐ bună, ☐ deteriorată,
☐ uscată, ☐ umedă
- ✓ Ultima reparație: ☐ < 1 an, ☐ 1 – 2 ani
☐ 2 – 5 ani, ☐ > 5 ani

TE	Descriere	Arie [m ²]	Straturi componente (i → e)		Coeficient reducere, r [%]
			Material	Grosime [m]	

✓ Aria totală a terasei [m²]:

✓ Materiale finisaj: covor bituminos;

☐ Starea acoperișului peste pod: nu este cazul

☐ Bună,

☐ Acoperiș spart / neetanș la acțiunea ploii sau a zăpezii;

☐ **Planșeu sub pod:** nu este cazul

PP	Descriere	Arie [m ²]	Straturi componente (i → e)		Coeficient reducere, r [%]
			Material	Grosime [m]	

✓ Aria totală a planșeului sub pod [m²]:

☒ **Ferestre / uși exterioare:**

FE / / UE	Descriere	Arie [m ²]	Tipul tâmplăriei	Grad etanșare	Prezență oblon (i / e)

✓ Starea tâmplăriei: ☐ bună ☐ evident neetanșă

☐ fără măsuri de etanșare,

☐ cu garnituri de etanșare,

☐ cu măsuri speciale de etanșare;

☐ **Alte elemente de construcție:**

- între casa scărilor și pod,
- între acoperiș și pod,
- între casa scărilor și acoperiș,
- între casa scărilor și subsol,

PI	Descriere	Arie [m ²]	Straturi componente (i → e)		Coeficient reducere, r [%]
			Material	Grosime [m]	
P CS-Sb					

☐ **Elementele de construcție mobile din spațiile comune:**

✓ ușa de intrare în clădire:

- ☐ Ușa este prevăzută cu sistem automat de închidere și sistem de siguranță (interfon, cheie),
- ☐ Ușa nu este prevăzută cu sistem automat de închidere, dar stă închisă în perioada de neutilizare,
- ☐ Ușa nu este prevăzută cu sistem automat de închidere și este lăsată frecvent deschisă în perioada de neutilizare,

✓ ferestre de pe casa scărilor: starea geamurilor, a tâmplăriei și gradul de etanșare:

- ☐ Ferestre / uși în stare bună și prevăzute cu garnituri de etanșare,
- ☐ Ferestre / uși în stare bună, dar neetanșe,
- ☐ Ferestre / uși în stare proastă, lipsă sau sparte,

☐ **Caracteristici ale spațiului locuit / încălzit:**

- ✓ Aria utilă a pardoselii spațiului încălzit [m²]:
- ✓ Volumul spațiului încălzit [m³]:
- ✓ Înălțimea medie liberă a unui nivel [m]:

☐ Gradul de ocupare al spațiului încălzit / nr. de ore de funcționare a instalației de încălzire:

☐ Raportul dintre aria fațadei cu balcoane închise și aria totală a fațadei prevăzută cu balcoane / logii:

☐ Adâncimea medie a pânzei freatice: $H_a = \dots$ m;

☐ Înălțimea medie a subsolului față de cota terenului sistematizat [m]: $\dots$ m

☐ Perimetrul pardoselii subsolului clădirii [m]:

☐ **Instalația de încălzire interioară:**

✓ Sursa de energie pentru încălzirea spațiilor:

- ☐ Sursă proprie, cu combustibil: combustibil lichid ușor.....
- ☐ Centrală termică de cartier
- ☐ Termoficare – punct termic central
- ☐ Termoficare – punct termic local
- ☐ Altă sursă sau sursă mixtă:

✓ Tipul sistemului de încălzire:

- ☐ Încălzire locală cu sobe,
☐ Încălzire centrală cu corpuri statice,
☐ Încălzire centrală cu aer cald,
☐ Încălzire centrală cu planșee încălzitoare,
☐ Alt sistem de încălzire:

☐ Date privind instalația de încălzire locală cu sobe: nu este cazul

Nr. crt.	Tipul sobei	Combustibil	Data instalării	Element reglaj ardere	Element închidere tiraj	Data ultimei curățiri

✓ Starea coșului / coșurilor de evacuare a fumului:

- ☐ Coșurile au fost curățate cel puțin o dată în ultimii doi ani,
☐ Coșurile nu au mai fost curățate de cel puțin doi ani,

☐ Date privind instalația de încălzire interioară cu corpuri statice:

Tip corp static	Număr corpuri statice [buc.]			Suprafață echivalentă termic [m ²]		
	în spațiul locuit	în spațiul comun	Total	în spațiul locuit	în spațiul comun	Total

✓ Tip distribuție a agentului termic de încălzire: ☐ inferioară, ☐ superioară, ☐ mixtă

✓ Necesarul de căldură de calcul [W]:

✓ Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic, ☐ multiplu: puncte,
 diametru nominal [mm]:
 disponibil de presiune (nominal) [mmCA]:

✓ Contor de căldură: tip contor, anul instalării, existența vizei metrologice: nu este cazul

✓ Elemente de reglaj termic și hidraulic (la nivel de racord, rețea de distribuție, coloane): nu există

✓ Elemente de reglaj termic și hidraulic (la nivelul corpurilor statice):

- ☐ Corpurile statice sunt dotate cu armături de reglaj și acestea sunt funcționale,
☐ Corpurile statice sunt dotate cu armături de reglaj, dar cel puțin un sfert dintre acestea nu sunt funcționale,
☐ Corpurile statice nu sunt dotate cu armături de reglaj sau cel puțin jumătate dintre armăturile de reglaj existente nu sunt funcționale,

✓ Rețeaua de distribuție amplasată în spații neîncălzite:

- Lungime [m]:
- Diametru nominal [mm, țoli]:
- Termoizolație:

✓ Starea instalației de încălzire interioară din punct de vedere al depunerilor:

- ☐ Corpurile statice au fost demontate și spălate / curățate în totalitate după ultimul sezon de încălzire,
- ☐ Corpurile statice au fost demontate și spălate / curățate în totalitate înainte de ultimul sezon de încălzire, dar nu mai devreme de trei ani,
- ☐ Corpurile statice au fost demontate și spălate / curățate în totalitate cu mai mult de trei ani în urmă,

✓ Armăturile de separare și golire a coloanelor de încălzire:

- ☐ Coloanele de încălzire sunt prevăzute cu armături de separare și golire a acestora, funcționale,
- ☐ Coloanele de încălzire nu sunt prevăzute cu armături de separare și golire a acestora sau nu sunt funcționale,

□ Date privind instalația de încălzire interioară cu planșeu încălzitor: NU ESTE CAZUL

- Aria planșeului încălzitor [m²],
- Lungimea [m] și diametrul nominal [mm] al serpentinelor încălzitoare;

Diametru serpentină. [mm]			
Lungime [m]			

- Tipul elementelor de reglaj termic din dotarea instalației;

✓ Sursa de încălzire – centrală termică proprie:

- Putere termică nominală: h
- Randament de catalog:
- Anul instalării:
- Ore de funcționare:
- Stare (arзатор, conducte / armături, manta):
- Sistemul de reglare / automatizare și echipamente de reglare:

□ Date privind instalația de apă caldă de consum:

✓ Sursa de energie pentru prepararea apei calde de consum:

- ☐ Sursă proprie, cu:
- ☐ Centrală termică de cartier
- ☐ Termoficare – punct termic central
- ☐ Termoficare – punct termic local
- ☐ Altă sursă sau sursă mixtă:

✓ Tipul sistemului de preparare a apei calde de consum:

- ☐ Din sursă centralizată,
- ☐ Centrală termică proprie,
- ☐ Boiler cu acumulare,
- ☐ Preparare locală cu aparate de tip instant a.c.m.,
- ☐ Preparare locală pe plită,

- ☐ Alt sistem de preparare a.c.m.:
- ✓ Puncte de consum: a.c.m. / a.r.;
- ✓ Numărul de obiecte sanitare - pe tipuri : Lavoar –
 Spălător –
 Duș: -
 Cadă de baie: -
 Rezervor WC -
- ✓ Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic, ☐ multiplu: puncte,
 diametru nominal [mm]:
 presiune necesară (nominal) [mmCA]:
- ✓ Conducta de recirculare a a.c.m.: ☐ funcțională, ☐ nu funcționează ☐ nu există
- ✓ Contor de căldură general: tip contor,
 anul instalării,
 existența vizei metrologice
- ✓ Debitmetre la nivelul punctelor de consum: ☐ nu există ☐ parțial ☐ peste tot
- ✓ Alte informații:
- accesibilitate la racordul de apă caldă din subsolul tehnic:
 - programul de livrare a apei calde de consum:
 - facturi pentru apa caldă de consum pe ultimii 5 ani:
 - facturi pentru consumul de gaze naturale pentru clădirile cu instalație proprie de producere a.c.m. funcționând pe gaze naturale – facturi pe ultimii 5 ani :
 - date privind starea armăturilor și conductelor de a.c.m.: pierderi de fluid, starea termoizolației etc.: completare ocazională a instalației de încălzire, puncte de consum acm cu pierderi
 - temperatura apei reci din zona / localitatea în care este amplasată clădirea (valori medii lunare – de preluat de la stația meteo locală sau de la regia de apă)
 - numărul de persoane mediu pe durata unui an (pentru perioada pentru care se cunosc consumurile facturate):
- ✓ Informații privind instalația de climatizare:
- ✓ Informații privind instalația de ventilare mecanică:
- ✓ Informații privind instalația de iluminat:

SOLUȚII TEHNICE DE MODERNIZARE ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR EXISTENTE (INFORMATIV)

A2.1. Introducere

Scopul principal al măsurilor de reabilitare / modernizare energetică a clădirilor existente îl constituie reducerea consumurilor de căldură pentru încălzirea spațiilor și pentru prepararea apei calde de consum în condițiile asigurării condițiilor de microclimat confortabil.

Importanța și diversitatea ansamblului de clădiri existente, precum și numărul mare de posibilități de reabilitare / modernizare implică o abordare diferită de cea caracteristică în general construcțiilor nou proiectate. La acestea din urmă considerarea costului de investiție este practic preponderentă, chiar dacă deciziile sunt luate teoretic pe baza unui calcul de optimizare a costului global actualizat (valoare netă actualizată). În cadrul reabilitării unei clădiri existente aspectul funcționalității este foarte important și criteriul deciziei îl constituie întotdeauna eficiența tehnico-economică, chiar dacă aspectul financiar rămâne esențial (costurile necesare nu pot fi mobilizate decât în măsura în care acestea sunt justificate economic prin diminuarea previzibilă a costurilor de funcționare și de întreținere).

În ceea ce privește clădirile de locuit existente, din ansamblul acestora se disting două mari categorii din punct de vedere al modului de repartizare a criteriilor “energetice” - care se pretează mai bine la tratarea aspectelor de reabilitare - și anume:

A) Locuințe caracterizate de confort termic - este vorba de clădirile prevăzute cu un sistem de încălzire “global”, acesta putând fi: *centralizat* la nivel de locuința sau clădire (încălzire centrală clasică), *divizat* (un aparat independent în fiecare încăpere încălzită) sau *mixt*.

B) Locuințe lipsite de confort termic sau prevăzute numai cu mijloace limitate de asigurare a confortului termic (de exemplu numai sobe), care se abat de la prevederile Legii 10/1995 privind Calitatea în construcții.

În fiecare dintre cele două categorii astfel definite problema fundamentală a reabilitării termice se pune după cum urmează:

A) menținerea condițiilor normate de confort termic prin reducerea consumului de combustibil sau schimbând tipul de energie (total sau parțial), conform politicii energetice naționale;

B) aplicarea unor soluții de realizare a condițiilor normate de confort termic prin optimizarea costului global actualizat, conform politicii energetice naționale.

Soluțiile tehnice și economice, precum și politica energetică națională se vor subsuma prevederilor Legii 10/1995 privind Calitatea în construcții.

În ambele cazuri, pe lângă caracteristici tehnice, geografice și sociologice, apar noi parametri referitori la stadiul energetic al clădirilor, la varietatea surselor de energie și la situația economică și financiară a beneficiarilor soluțiilor tehnice aplicate ansamblului clădire - instalație.

Situația economică și financiară depinde în principal de tipul ocupanților, de statutul de ocupare, de sectorul de finanțare (social sau nu, privat sau public), de natura juridică a patrimoniului (exemplu: coproprietăți, entități juridice sau locatari / proprietari); posibilitățile de ajutor public direct, costurile implicate de activitatea de reabilitare energetică, existența unor avantaje fiscale.

Asigurarea confortului termic se realizează prin alegerea unui sistem de încălzire adecvat și a unei surse de energie. Se disting trei mari categorii de sisteme de încălzire legate de tipul de locuințe:

1) încălzire centrală sau divizată (pe încăperi) în casă individuală (cu apa caldă de consum preparată centralizat sau furnizată de aparate independente) – ex. clădire individuală dotată cu centrală proprie de încălzire și preparare a apei calde de consum;

2) Încălzire centrală sau divizată (pe încăperi) individual pe locuință în imobil colectiv (cu apa caldă de consum preparată centralizat sau furnizată de aparate independente) – ex. apartament din clădire colectivă, dotat cu centrală proprie de încălzire și preparare a apei calde de consum;

3) Încălzire centrală colectivă în imobil colectiv sau casă individuală (cu apa caldă de consum distribuită, preparată centralizat la nivel de locuință sau furnizată de aparate independente) – ex. clădire colectivă racordată la un sistem centralizat de alimentare cu căldură.

În ceea ce privește clădirile din sectorul terțiar, acestea se pot grupa în șase categorii principale, după cum urmează:

- Clădiri spitalicești: spitale, policlinici;
- Clădiri social-culturale: teatre, cinematografe, muzee etc.;
- Clădiri de învățământ: creșe, grădinițe, școli, licee, universități;
- Clădiri pentru servicii de comerț și instituții publice: magazine, spații comerciale, sedii de firme, birouri, bănci, etc.
- Clădiri pentru sport
- Hoteluri și restaurante.

În funcție de aceste categorii de clădiri, măsurile de modernizare energetică a acestora prezintă particularități și prin urmare acestea vor fi tratate în normativul de față, separat pentru fiecare categorie de clădire în parte.

A2.2. Soluții tehnice cadru recomandate pentru modernizarea energetică a clădirilor existente

Intervențiile avute în vedere la reabilitarea sau modernizarea energetică a unei clădiri se împart în două categorii principale și anume:

- A2.2.1) Intervenții asupra clădirii
- și
- A2.2.2) Intervenții asupra instalațiilor aferente clădirii.

A2.2.1 Intervențiile asupra clădirii

Intervențiile asupra clădirii vizează reducerea necesarului propriu de căldură al clădirii, independent de comportamentul instalațiilor și al consumatorilor. În principiu, acestea sunt următoarele:

A2.2.1.1 Ameliorarea izolației termice

Ameliorarea izolației termice a unei construcții existente are drept scop reducerea fluxului termic disipat prin conducție prin anvelopa clădirii către mediul exterior.

A2.2.1.1.1 Ameliorarea izolației termice a elementelor de construcție opace orizontale

□ Izolația termică a planșeelor de terasă

La planșeul peste ultimul nivel, (**planșeu de terasă**) se recomandă una din următoarele soluții de îmbunătățire a nivelului de termoizolare, în funcție de starea (gradul de deteriorare) a straturilor hidroizolante și termoizolante existente:

- îndepărtarea tuturor straturilor existente până la fața superioară a betonului de pantă și refacerea acestora în condițiile înlocuirii stratului termoizolant existent cu un nou strat termoizolant, de calitate și grosime corespunzătoare noilor cerințe; soluția se recomandă când atât starea hidroizolației, cât și starea stratului termoizolant nu sunt corespunzătoare (hidroizolație puternic deteriorată, termoizolație umezită ș.a.) – *det. 1 din Anexa 3*;

- îndepărtarea straturilor existente până la hidroizolația existentă, în condițiile menținerii ei cu funcție de barieră contra vaporilor și a menținerii stratului termoizolant existent; montarea unui strat termoizolant suplimentar, de calitate și grosime corespunzătoare, precum și a tuturor celorlalte straturi, inclusiv a straturilor hidroizolante; soluția se recomandă în situația în care starea termoizolației existente este bună, dar hidroizolația este deteriorată și se impune refacerea ei – *det. 4 din Anexa 3*;
- realizarea unei terase “inverse”, prin menținerea tuturor straturilor existente, inclusiv a straturilor hidroizolante; soluția presupune îndepărtarea doar a stratului de protecție a hidroizolației, executarea unor eventuale reparații locale a hidroizolației și dispunerea, eventual, a unui strat hidroizolant suplimentar, precum și montarea unui strat termoizolant din polistiren extrudat protejat corespunzător, peste hidroizolație; soluția se recomandă în situația în care starea hidroizolației este bună și are avantajul ca se asigură o bună protecție mecanică și termică (inclusiv la acțiunea directă a radiației solare) a straturilor hidroizolante – *det. 2 din Anexa 3*;
- îndepărtarea tuturor straturilor, inclusiv a betonului de pantă și refacerea completă a terasei, eventual cu montarea betonului de pantă peste stratul termoizolant – *det. 3 din Anexa 3*.

Soluțiile de mai sus sunt valabile, cu adaptările de rigoare, și în cazul teraselor cu stratul termoizolant de grosime variabilă (cu umplutură termoizolantă în vrac sau cu plăci BCA dispuse în trepte).

În scopul reducerii substanțiale a efectului defavorabil al punților termice de pe conturul planșeului de peste ultimul nivel, este foarte important a se lua măsuri de “îmbrăcare” cu un strat termoizolant, a aticelor, conform detaliilor din Anexa 3, *fig. A3.1*.

□ Izolarea termică a planșeelor de pod

La planșeul peste ultimul nivel, **sub podul neîncălzit**, se recomandă una din următoarele soluții:

- menținerea stratului termoizolant existent, inclusiv a șapei de protecție, repararea și eventuala ei consolidare, urmată de montarea unui strat termoizolant eficient, protejat corespunzător; soluția se recomandă când umplutura termoizolantă existentă este în stare bună (nu este umezită, este consolidată etc.) și când înălțimea liberă a spațiului podului poate fi micșorată – *det. 7 din Anexa 3*;
- îndepărtarea umpluturii termoizolante sau a stratului termoizolant, executarea unei bariere de vaporii de calitate corespunzătoare pe fața superioară a planșeului existent și montarea unui nou strat termoizolant, de calitate și grosime corespunzătoare noilor cerințe; protejarea stratului termoizolant poate fi realizată folosind, integral sau parțial, umplutura termoizolantă existentă – *det. 5, 6, 8 din Anexa 3*.

În scopul reducerii efectului defavorabil al punților termice de pe conturul planșeului de peste ultimul nivel, este foarte important a se lua măsuri de “îmbrăcare” cu un strat termoizolant a parapetelor pe care reazemă cosoroabele, conform detaliilor din Anexa 3 – *fig. A3.2*.

□ Izolarea termică a planșeelor peste subsol

La **planșeul peste subsolul neîncălzit**, se recomandă soluția executării unui strat termoizolant pe suprafața inferioară a planșeului (la tavanul subsolului), în una din următoarele variante:

- fixarea, prin lipire sau/și cu dispozitive mecanice (bolțuri împușcate, dibluri tip CONEXPAND ș.a.) a unui strat termoizolant realizat din plăci din polistiren sau vată minerală; stratul termoizolant se protejează fie cu un strat de tencuială pe rabiț, suspendat de planșeu prin intermediul unor ancore din oțel inoxidabil, fie cu o tencuială uscată fixată pe o rețea de șipci, fie cu un strat de glet adeziv, armat cu țesătură din fibră de sticlă – *det. 9 din Anexa 3*;
- aplicarea “in situ” a unui strat de spumă poliuretanică – *det. 10 din Anexa 3*.

Adoptarea soluției cu un strat termoizolant montat peste planșeul din beton armat sau peste pardoseala existentă, este posibilă, dar nu este indicată decât în situația când, din alte considerente, este necesară înlocuirea pardoselilor – *det. 12 din Anexa 3*.

În scopul reducerii substanțiale a efectului negativ al punților termice de pe conturul planșeului de peste subsolul neîncălzit, este foarte important a se prevedea în proiectul de modernizare termotehnică, următoarele măsuri constructive:

- prevederea, pe fața exterioară a soclului, a unui strat termoizolant caracterizat printr-o bună comportare la acțiunea umidității (de preferință plăci din polistiren extrudat); stratul termoizolant va fi fixat atât mecanic, cât și prin lipire și va fi protejat la exterior cu un strat de tencuială armată; pe înălțime, stratul

termoizolant va fi aplicat astfel încât la partea superioară să depășească cu minimum 30 cm fața superioară a plăcii din beton armat, iar la partea inferioară să ajungă până la suprafața terenului sistematizat (CTS) sau, la soclurile de înălțime redusă (*det. 11 din Anexa 3*), până la 30...40 cm sub această cotă – *fig. A3.3*;

- prevederea, pe fața interioară a pereților exteriori de pe conturul subsolului, a unui strat termoizolant, pe o înălțime sub placă de cel puțin 50 cm – *det. 9 și 11 din Anexa 3*.

La soluția cu stratul termoizolant nou, amplasat pe fața inferioară a planșeului peste subsol, în scopul reducerii influenței defavorabile a punților termice interioare, se recomandă "îmbrăcarea" grinzilor din beton armat de la tavanul subsolului cu un strat termoizolant.

□ Izolarea termică a plăcilor pe sol

Planșeele amplasate direct pe pământ, dacă sunt întregi și uscate, nu permit transmiterea unui flux termic însemnat către sol, pământul uscat având o rezistență termică considerabilă. Practic, solul se comportă ca un volant termic datorită capacității termice importante. Pe de altă parte tehnicile utilizate la izolarea termică a planșeului sunt deseori costisitoare și complicate din punctul de vedere al execuției propriu-zise.

Cu toate acestea, dacă temperatura planșeului inferior se dovedește o sursă de disconfort pe care acoperirea acestuia cu covoare nu reușește să-l corecteze, sau dacă se prevede o refacere importantă a planșeului din alte motive (tehnice, de rezistență etc.), ar putea fi interesant de realizat izolarea termică a acestui element de construcție.

În cazul în care pereții exteriori prezintă la partea inferioară a acestora urme de umiditate provenite mai ales din infiltrațiile din sol prin capilaritate, se impune drenarea pereților exteriori și eventual a solului-suport; dacă aceste măsuri se dovedesc inoperante trebuie să se refacă stratul de pietriș și placa pe sol și montat un strat hidroizolant nou – *det. 13 din Anexa 3*.

Prin urmare, la **placa pe sol** măsurile de îmbunătățire a comportării termotehnice sunt, în principal, următoarele:

- prevederea, pe fața exterioară a soclului, a unui strat termoizolant caracterizat printr-o bună comportare la acțiunea umidității (de preferință plăci din polistiren extrudat); stratul termoizolant va fi fixat atât mecanic, cât și prin lipire și va fi protejat la exterior cu un strat de tencuială armată; pe înălțime, stratul termoizolant va fi aplicat astfel încât la partea superioară să depășească cu minimum 30 cm fața superioară a plăcii din beton armat, iar la partea inferioară să ajungă până la suprafața terenului sistematizat (CTS) sau, la soclurile scunde (*det. 16 din Anexa 3*), până la 30...40 cm sub acesta cotă – *fig. A3.4*;
- dacă măsura de mai sus nu este suficientă pentru realizarea rezistenței termice corectate dorite, este posibilă, dar nu întotdeauna indicată, prevederea unui strat termoizolant orizontal, continuu, peste pardoseala existentă sau peste placa din beton armat; așa cum se menționa mai sus, aceasta măsură devine rațională și eficientă în condițiile în care, din alte considerente, este necesară înlocuirea pardoselilor – *det. 13 și 16 din Anexa 3*.

A2.2.1.1.2 Ameliorearea izolației termice a elementelor de construcție opace verticale

□ Izolarea termică la exterior a pereților exteriori

Izolarea termică la exterior permite:

- renovarea fațadei;
- evitarea numeroaselor constrângeri întâlnite la izolarea pe interior: intervenții în încăperi ocupate, finisaje interioare de refăcut, tratarea dificilă a conturului ușilor și a ferestrelor, deplasarea conductelor și a echipamentelor instalațiilor etc.;
- să nu se diminueze aria utilă și cea locuibilă;
- protejarea pereților la îngheț, apa de ploaie, radiația solară, și la variațiile de temperatură de la un anotimp la altul - diminuând astfel pericolul de degradare a lor;
- corectarea principalelor punți termice.

Izolarea termică la exterior, tehnică delicată și mai costisitoare decât izolarea la interior, trebuie executată de către un personal calificat. Ea prezintă câteva dezavantaje care trebuie cunoscute înainte de a opta pentru o astfel de soluție. În primul rând soluția tehnică menționată modifică deseori aspectul exterior al fațadei și, dacă aceasta prezintă particularități „estetice” care se doresc a fi conservate (cazul monumentelor de arhitectură), soluția poate fi abandonată numai pentru acest motiv. Pe de altă parte izolarea termică la exterior - pentru majoritatea procedeele - prezintă o suprafață a peretelui mai sensibilă la șocuri decât peretele inițial; acest punct este sensibil mai ales în zona accesului la parter (circulația automobilelor spre un garaj la subsol, zona de joacă a copiilor etc.).

Diferitele tehnici de izolare termică la exterior se disting prin modul lor de fixare, aspectul final, caracteristicile de etanșeitate etc. Trebuie aplicat procedeul cel mai bine adaptabil atât la natura suportului (care poate permite adoptarea unui mod de fixare), cât și la expunerea la factori climatici (ploaie, vânt), mai mult sau mai puțin agresivi și la aspectul estetic care se dorește a fi obținut după terminarea lucrării.

□ Izolarea termică la interior a pereților exteriori

Aceasta soluție prezintă ca principale avantaje costul mai mic în comparație cu izolarea termică la exterior, precum și o execuție mai ușoară.

Pe de altă parte, ea prezintă câteva dezavantaje a căror importanță trebuie apreciată cu mare atenție înainte de a opta pentru o astfel de soluție:

- reducerea temperaturii în interiorul peretelui exterior, cu favorizarea producerii fenomenului de condens a vaporilor de apă din interiorul acestuia și chiar a înghețului apei din perete;
- necesitatea deplasării conductelor și a corpurilor de încălzire existente pe pereții exteriori;
- dificultatea tratării unor puncte particulare (conturul golurilor din zidărie, plintele și mulurile plafonului etc.);
- imposibilitatea corectării unor punți termice.

Având în vedere cele de mai sus, soluția recomandată la **pereții exteriori** este montarea unui strat termoizolant eficient pe suprafața exterioară a pereților, în una din următoarele variante:

- fără strat de aer ventilat, cu stratul termoizolant (de regulă din plăci din polistiren expandat) fixat mecanic și/sau prin lipire pe suprafața suport reparată și pregătită în prealabil (*fig. A3.5 din Anexa 3*); stratul de protecție a termoizolației se poate realiza:
 - cu un strat de tencuială din mortar M100T în grosime de 3-4 cm, armat cu plase sudate STNB și cu plase din rabiț zincat; stratul de tencuială trebuie să fie temeinic fixat (rezemat și ancorat) prin intermediul unor bolțuri, dibluri, ancore și plăcuțe din oțel inoxidabil, încastrate în peretele exterior;
 - cu un strat de glet adeziv, realizat dintr-o pastă pe bază de ciment, aracet și nisip fin, de 3...5 mm grosime, armat cu țesătură din fibre de sticlă.
- cu un strat de aer ventilat, de cca. 4 cm grosime, având stratul termoizolant (de regulă din plăci din vată minerală sau polistiren extrudat) montat între elementele unui caroiaj din șipci de lemn sau profile metalice inoxidabile, ancorat mecanic cu piese din oțel inoxidabil în peretele exterior; stratul de protecție poate fi realizat din foi (plane, ondulate sau cutate) din tablă inoxidabilă, aluminiu sau masă plastică rezistentă la radiațiile ultraviolete, din placi subțiri din beton armat cu fibre de sticlă ș.a; stratul de protecție este menținut în poziție și fixat de stratul suport sau de caroiaj prin intermediul unor piese metalice speciale, inoxidabile; pentru asigurarea unei bune circulații a aerului în spațiul dintre stratul termoizolant și stratul de protecție, trebuie să se realizeze în mod corespunzător – ca număr, dimensiuni și poziții – orificiile de acces și de evacuare a aerului.

În scopul reducerii efectului negativ al punților termice, trebuie să se asigure, în cât mai mare măsură, continuitatea stratului termoizolant, în special la racordarea cu soclurile, cu aticele și cornișele de la terase și cu parapetele de la acoperișurile cu pod.

În același scop, este necesar ca pe conturul tâmplăriei exterioare să se realizeze o căptușire termoizolantă a tuturor glafurilor exterioare, inclusiv sub solbancuri, conform detaliilor din Anexa 3.

A2.2.1.1.3 Ameliorarea elementelor de construcție vitrate:

Modernizarea din punct de vedere termotehnic a **tâmplăriei exterioare** se poate realiza în următoarele soluții:

- prin îmbunătățirea tâmplăriei existente;
- prin înlocuirea tâmplăriei existente cu tipuri noi, mai performante (cu barieră radiantă, geam termoizolant prevăzut cu suprafață tratată, cu emisivitate redusă "low-e", geam cu umplutură din gaz inert - ex. argon);
- montarea de elemente termoizolante mobile (obloane exterioare de o bună calitate termică).

Îmbunătățirea tâmplăriei existente se referă, în principal, la:

- adăugarea unei foi de geam suplimentar, la cele două foi de geam existente, modificare care se poate realiza fie prin înlocuirea unui geam simplu cu un geam termoizolant, fie prin montarea pe cerceveaua interioară existentă, a unei cercevele suplimentare prevăzută cu un geam simplu – *tabelele A3.1 și A4.2 din Anexa 4*;
- prevederea unor garnituri de etanșare între toc și cercevele, precum și între cercevele.

În Anexa 4 se prezintă o serie de detalii și variante, atât pentru îmbunătățirea tâmplărilor existente, cât și pentru tâmplăriile noi, cu precizarea orientativă a performanțelor termotehnice ale acestora. Se menționează că în detaliile aferente tâmplăriei din lemn – îmbunătățite și noi – nu sunt figurate garniturile de etanșare.

A2.2.1.1.4 Ameliorarea altor elemente de construcție perimetrale

❑ *Pereții adiacenți rosturilor (de dilatație, de tasare și antiseismice) se termoizolează:*

- la exterior - în cazul rosturilor deschise accesibile;
- la interior - în cazul rosturilor deschise inaccesibile și a rosturilor închise.

Atât la rosturile deschise, cât și la cele închise trebuie să se verifice și să se ia măsuri de etanșare suplimentară din punct de vedere termotehnic și hidrofug, precum și față de infiltrațiile de aer rece.

❑ *Pereții adiacenți spațiilor anexe neîncălzite (garaje, magazine, poduri, camere de pubele, verande, sere, balcoane și logii închise cu tâmplărie exterioară ș.a.) se termoizolează, de regulă, în exteriorul volumului încălzit.*

❑ *Pereții exteriori - verticali și / sau înclinați - precum și planșeele superioare - orizontale și / sau înclinate - ale mansardelor existente, locuite și încălzite, amenajate în podurile clădirilor.*

Ameliorarea comportării termotehnice a elementelor de construcție perimetrale ale mansardelor constituie o problemă complexă care trebuie să fie tratată cu deosebită atenție - atât în situația în care elementele de construcție separă spațiul mansardei de mediul exterior, cât și, în special, dacă acestea separă volumul încălzit al mansardei de spațiul neîncălzit adiacent.

❑ *Planșeele care delimitează volumul încălzit de mediul exterior, la partea inferioară (la bowindouri, ganguri de trecere, planșee inferioare peste logii ș.a) se termoizolează - de regulă - la tavanul planșeelor.*

❑ *Planșeele care delimitează volumul încălzit de mediul exterior, la partea superioară (planșee superioare sub logii ș.a.), la care stratul termoizolant suplimentar se dispune la fața superioară a planșeelor, sub pardoseală.*

❑ *Pereții exteriori, sub CTS, în contact cu solul, la demisolurile sau la subsolurile încălzite.*

❑ *Plăcile din beton slab armat, la partea inferioară a demisolurilor și subsolurilor încălzite, sub CTS, în contact cu solul.*

❑ *Pereții și planșeele adiacente unor spații care fac parte din volumul constructiv al clădirii, dar care au alte funcțiuni sau destinații, de regulă mai puțin sau intermitent încălzite (spații comerciale la parterul clădirilor de locuit, birouri ș.a.).*

❑ *Diverse suprafețe vitrate, altele decât tâmplăria exterioară (luminatoare, pereți exteriori vitrați, transparenți sau translucizi etc.).*

- ❑ *Uși exterioare sau către spații neîncălzite, opace sau parțial transparente.*
- ❑ *Pereți cortină.*

Măsuri de îmbunătățire a comportării termotehnice, în principal în direcția măririi rezistenței termice specifice, se recomandă a se lua și la elementele de construcție din interiorul volumului încălzit, dar care separă încăperile încălzite de unele încăperi sau spații neîncălzite sau mult mai puțin încălzite (windfanguri încălzite sau neîncălzite, holuri de intrare în clădire, casa scării, puțul liftului, cămarile direct ventilate ș.a.).

A2.2.1.2 Ameliorarea etanșeității la aer

Aceasta trebuie să privească atât reducerea sau chiar eliminarea infiltrațiilor parazite (rosturile elementelor mobile, obloane rulante etc.), cât și asigurarea aerului proaspăt necesar în vederea limitării umidității și a condensului, ce pot avea efecte negative asupra construcției.

A2.2.1.2.1. Etanșarea rosturilor elementelor mobile exterioare din spațiul încălzit

Reducerea infiltrațiilor prin rosturile elementelor mobile exterioare care delimitează spațiul încălzit de mediul exterior vizează atât asigurarea etanșării rosturilor dintre tâmplărie și elementul de construcție în care este amplasată fereastra / ușa, cât și a spațiului dintre geam și tâmplărie.

Soluția cea mai eficientă de îmbunătățire a etanșeității la aer a cercevelor constă în prevederea pe tot perimetrul acestora a unei garnituri de cauciuc. Etanșarea între rama și golul de fereastră se realizează prin umplerea rostului cu ștraifuri din vată minerală, protejată cu mortar, sau cu spumă poliuretanică.

În urma etanșării rosturilor elementelor mobile exterioare din spațiul încălzit, necesarul minim de aer proaspăt va fi asigurat prin deschiderea periodică a ferestrelor sau prin ventilare mecanică.

A2.2.1.2.2. Etanșarea rosturilor elementelor mobile exterioare din spațiul neîncălzit

Scopul acestei măsuri este menținerea unei temperaturi acceptabile în spațiile neîncălzite / anexe în vederea limitării fluxului termic disipat dinspre spațiul locuit către aceste spații.

Soluțiile recomandate pentru aplicarea acestei măsuri sunt aceleași ca la pct. A.2.1.

OBSERVAȚIE: Aplicarea uneia sau mai multor intervenții asupra clădirii fără prevederea unor echipamente de reglaj capabile să asigure adaptarea sarcinii termice la condițiile climatice reale, poate provoca supraîncălzirea încăperilor, și în consecință utilizarea ineficientă a căldurii și chiar creșterea fluxului termic disipat spre exterior.

A2.2.2 Intervențiile asupra instalațiilor de încălzire și apă caldă de consum aferente clădirii

Intervențiile asupra instalației vizează reducerea consumului de energie pentru satisfacerea necesarului determinat (încălzire, apă caldă de consum). Se poate interveni la mai multe nivele (producere, transport, distribuție, utilizare), atât pentru încălzire, cât și pentru apa caldă de consum:

A2.2.2.1 la nivelul producerii căldurii (în cazul clădirilor dotate cu sursă proprie de căldură):

- înlocuirea aparatelor învechite sau neadaptate (arzătoare mai vechi de 9-10 ani și cazane mai vechi de 12-15 ani),
- adaptarea puterilor surselor de căldură în centrala termică,
- substituirea parțială sau totală a formei de energie,
- utilizarea de tehnici specifice (pompe de căldură cu compresie mecanică, cu absorbție, cazane cu condensare, instalație solară);

A2.2.2.2 la nivelul distribuției căldurii:

- izolarea termică a conductelor de distribuție din spațiile neîncălzite,
- reducerea temperaturilor de reglaj a instalației de încălzire în scopul satisfacerii necesarului de căldură;

- separarea circuitelor ai căror parametri funcționali sunt net diferiți,
- reechilibrarea circuitelor care alimentează corpurile de încălzire funcționând cu apa caldă (din punct de vedere termic - prin schimbarea aparatului sau ameliorarea locală a izolației, iar din punct de vedere hidraulic - prin ameliorarea distribuției debitelor).

A2.2.2.3 la nivelul utilizatorului (spațiile încălzite și punctele de consum a.c.m.):

- instalarea de robinete termostactice la corpurile de încălzire și, în cazul încălzirii colective, combinarea acestei măsuri cu montarea sistemelor de repartizare individuală a costurilor de încălzire.

Dacă reabilitarea / modernizarea unei instalații de reglare nu a fost încă menționată este din cauză ca ea poate interveni la toate nivelele (termostate de cameră, de preferință electronice, mai ales dacă echipează convectoare electrice, ansambluri clasice cu sonde exterioare - robinete cu servomotor comandate de regulatoare cu legi de corespondență mai mult sau mai puțin complexe, simple limitatoare de temperatură de conductă, termostat de cazan etc.).

La fiecare tip de reglaj pot fi asociate sisteme de programare (optimizare), în general limitate pentru locuințe la simple "ceasuri" programatoare, care permit o reducere a temperaturii pe timp de noapte.

În anumite cazuri particulare, în care vechimea instalațiilor este mare, iar gradul de uzură al echipamentelor este ridicat, nu se mai impune o ameliorare, ci o renovare totală a acestora, mai ales dacă se referă la instalația de preparare a apei calde de consum colective.

O categorie aparte de clădiri existente este constituită de blocurile de locuințe racordate la sisteme centralizate de alimentare cu căldură (de tipul termoficării), caracterizate de indici specifici de necesar de căldură care atestă caracterul disipativ din punct de vedere energetic al construcțiilor existente, în ansamblul lor și acestea implică o abordare aparte. În Anexa 5 sunt prezentate sintetic măsurile de reabilitare și modernizare energetică a blocurilor racordate la sisteme centralizate de furnizare a utilităților termice.

În Anexa 5 se prezintă o listă de măsuri cu privire la utilizarea rațională și eficientă a căldurii, precizând unele performanțe energetice ale soluțiilor propuse, cu referire la clădirile racordate la sisteme de încălzire districtuală.

În Anexa 6 se prezintă sintetic soluțiile tehnice de reabilitare / modernizare energetică specifice clădirilor de locuit individuale sau înșiruite, cu referire la utilizarea rațională și eficientă a căldurii și la caracteristicile dotărilor acestor clădiri.

A2.3. Particularități ale măsurilor de modernizare energetică pentru clădiri din sectorul terțiar

Soluțiile tehnice pentru creșterea eficienței utilizării energiei termice în cazul clădirilor din sectorul terțiar pot fi grupate în două categorii și anume:

- A. Soluții tehnice comune tuturor categoriilor de clădiri din sectorul terțiar,
- B. Soluții tehnice funcție de categoriile principale de clădirilor din sectorul terțiar considerate în normativ.

A. Principalele soluții tehnice din prima categorie susmenționată, sunt:

- ☒ Asigurarea unei eficiențe cât mai ridicate pentru echipamentele din componența sistemelor de utilizare a energiei termice (corpuri de încălzire, pompe, ventilatoare, baterii de încălzire armături de reglaj etc.) - prin prisma funcției de transfer a echipamentelor, a randamentelor, a consumurilor specifice etc.;
- ☒ Contorizarea energiei termice;
- ☒ Asigurarea reglării sarcinii termice de încălzire conform graficului (curbei) de reglaj termic proprie consumatorului (prevăzută prin contractul de furnizare a energiei termice);

- ☑ Eliminarea pierderilor din rețeaua de distribuție a agentului termic din incinta clădirii (amplasată în subsol tehnic sau spații anexe), prin eliminarea defectelor și prin termoizolarea conductelor;
- ☑ Eliminarea depunerilor de materii organice și anorganice din interiorul conductelor de alimentare cu agent termic și a corpurilor de încălzire prin spălarea și dezincrustarea acestora și dotarea instalației de încălzire cu filtre eficiente;
- ☑ Înlocuirea armăturilor existente (de slabă calitate) din instalația de încălzire cu armături noi, eficiente;
- ☑ Dotarea instalației de apă caldă de consum cu armături de calitate ridicată, cu limitare a consumului de apă;
- ☑ Reducerea necesarului de căldură al clădirii prin măsuri de protecție termică suplimentară a elementelor de construcție opace și transparente (ferestre cu caracteristici conservative din punct de vedere energetic, ex. ferestre cu tâmplărie eficientă și geam termoizolant), în conformitate cu soluțiile prezentate în subcapitolul precedent;
- ☑ Reducerea consumului de căldură datorat infiltrațiilor de aer rece, prin etanșarea rosturilor elementelor mobile (uși, ferestre) prin limitarea cotei de aer proaspăt la valoarea impusă de exigențele de confort fiziologic;
- ☑ Recuperarea căldurii din entalpia aerului evacuat în cazul instalațiilor de ventilație mecanică sau/și climatizare;
- ☑ Etanșarea elementelor mobile (uși, ferestre) din componența spațiilor anexe ale clădirii (casa scării, subsolul tehnic etc.);
- ☑ Asigurarea mentenanței construcției și instalațiilor aferente.

B. Soluțiile tehnice specifice de creștere a eficienței energetice la clădirile din sectorul terțiar sunt prezentate în continuare, funcție de categoriile principale de clădiri considerate în normativ.

- **Clădiri spitalicești**

Principalele soluții tehnice de creștere a eficienței energetice în clădiri spitalicești sunt:

- ☑ Măsuri de recuperare locală a căldurii (ex. din condensatul colectat sau din aerul de evacuare din instalațiile de ventilație, în limitele nivelelor de contaminare a aerului) și utilizarea acestuia ca sursă secundară de energie (ex. prepararea apei calde de consum sau pentru preîncălzirea apei de adaos etc.);
- ☑ Reconsiderarea, în limita posibilităților, a distribuției energiei termice prin separarea circuitelor pe zone care beneficiază de același regim termic și program de funcționare;
- ☑ Sporirea gradului de automatizare al instalațiilor, corelat cu aplicarea unor regimuri de exploatare raționale, în funcție de categoria clădirii spitalicești, felul ocupării, programul de lucru și condițiile climatice;
- ☑ Izolarea termică a conductelor pentru diverși agenți termici și a canalelor de aer cald și rece;
- ☑ Utilizarea, în măsura posibilităților, a surselor neconvenționale de energie;

Având în vedere exigențele referitoare la regimul termic al clădirilor de tip spital și implicit la furnizarea energiei termice, se recomandă pentru spitale adoptarea soluțiilor care permit gestionarea independentă a căldurii, respectiv puncte termice proprii (stații termice compacte) sau chiar centrale termice proprii.

De asemenea, având în vedere existența unor consumuri de căldură cvasiconstante (de tipul aburului utilizat la sterilizarea aparaturii medicale sau la tratarea aerului, apa caldă necesară băilor de tratament etc.), o soluție de modernizare energetică a surselor de căldură aferente clădirilor de tip spital poate fi constituită de grupuri independente cu cogenerare (cu motoare termice).

- **Clădiri social-culturale**

Principalele soluții tehnice de creștere a eficienței energetice în clădiri culturale sunt:

- ☑ Prevederea unor echipamente de automatizare a instalației de încălzire și de preparare a apei calde de consum în scopul asigurării reglajului sarcinii termice de încălzire / ventilare funcție de variația necesarului real;
- ☑ Utilizarea unor sisteme speciale de încălzire pentru reducerea gradientului spațial la încălzirea spațiilor mari, fără consum suplimentar de energie.

• **Clădiri de învățământ**

Principalele soluții tehnice de creștere a eficienței energetice specifice clădirilor de învățământ sunt:

- ☑ Asigurarea reglajului sarcinii termice de încălzire pe tipuri de încăperi / săli de curs;
- ☑ Reducerea alimentării cu căldură pe perioadele de neocupare a clădirii;
- ☑ Reducerea infiltrațiilor de aer rece, prin etanșarea rosturilor elementelor mobile (uși, ferestre), simultan cu asigurarea ventilării naturale organizate sau a ventilării controlate, a spațiilor ocupate;

• **Clădiri pentru servicii de comerț și instituții publice**

Principalele soluții tehnice de creștere a eficienței energetice specifice clădirilor comerciale sunt:

- ☑ Reducerea alimentării cu căldură pe perioadele de neocupare a clădirii;
- ☑ Dotarea clădirilor caracterizate de un flux important de utilizatori cu perdele de aer cald la intrare sau cu sasuri având cu funcția de tampon termic.

• **Clădiri pentru sport**

În cazul consumatorilor de tip clădiri pentru sport, soluțiile tehnice de creștere a eficienței energetice se referă la:

- ☑ Reglajul local al energiei termice prin dotarea corpurilor de încălzire cu robinete termostactice;
- ☑ Buna etanșare a rosturilor elementelor mobile (uși, ferestre), simultan cu asigurarea ventilării sau climatizării spațiilor ocupate (funcție de gradul de confort solicitat);
- ☑ Reducerea alimentării cu căldură pe perioadele de neocupare a clădirii.

• **Hoteluri și restaurante**

În cazul consumatorilor de tip hotel sau restaurante, soluțiile tehnice de creștere a eficienței energetice se referă la:

- ☑ Reglajul local al energiei termice prin dotarea corpurilor de încălzire cu robinete termostactice;
- ☑ Buna etanșare a rosturilor elementelor mobile (uși, ferestre), simultan cu asigurarea ventilării sau climatizării spațiilor ocupate (funcție de gradul de confort solicitat);
- ☑ Recuperarea căldurii pentru ventilare de la echipamentele de preparare a hranei.

Cu referire la instalațiile de ventilare mecanică și de iluminat artificial, soluțiile tehnice specifice de creștere a eficienței energetice sunt, în principiu următoarele:

- reglarea debitelor refulate / aspirate în funcție de necesarul de ventilare normal,
- reglarea parametrilor termodinamici al aerului refulat în funcție de necesarul de căldură / frig și de ventilare,
- prevederea de filtre de aer eficiente,
- înlocuirea ventilatoarelor cu eficiență energetică redusă,
- reglarea vitezelor aerului în spațiile ocupate,
- prevederea de lămpi cu eficiență energetică ridicată,
- automatizarea funcționării instalației de iluminat în funcție de ocuparea spațiilor,
- etc.

SOLUȚII DE MODERNIZARE TERMOTEHNICĂ A ANVELOPEI CONSTRUCȚIEI – ELEMENTE DE CONSTRUCȚIE OPACE (INFORMATIV)

LISTA FIGURILOR

A3.1. Planșeu terasă

1. Strat termoizolant nou, montat pe betonul de pantă existent. Strat hidroizolant nou. Peretele exterior nu este termoizolat decât în zona aticului.
2. Strat termoizolant nou, din plăci din polistiren extrudat, montat pe stratul hidroizolant existent.
3. Strat termoizolant nou, montat pe planșeul din beton armat existent. Strat de beton de pantă și strat hidroizolant, noi.
4. Strat termoizolant nou, montat pe stratul hidroizolant existent (care, după modernizare, devine barieră contra vaporilor). Strat hidroizolant nou.

A3.2. Planșeu pod

5. Strat termoizolant nou, montat pe planșeul din beton armat, existent. Strat de protecție din sapa din mortar. Parapet înalt.
6. Strat termoizolant nou montat pe planșeul din beton armat, existent. Strat de protecție din umplutură termoizolantă, parțial recuperată. Parapet înalt.
7. Strat termoizolant nou montat pe stratul de protecție existent peste umplutura termoizolantă existentă. Parapet de înălțime redusă, complet "îmbrăcat" cu un strat termoizolant. Peretele exterior nu este termoizolat decât în zona streșinii.
8. Strat termoizolant nou, montat pe planșeul din beton armat, existent. Fără parapet, cosoroaba existentă fiind montată direct pe centura din beton armat.

A3.3. Planșeu peste subsol

9. Strat termoizolant nou, montat la tavanul subsolului și pe fața interioară a soclului. Pardoseală existentă, fără strat termoizolant.
10. Strat termoizolant nou, din spumă poliuretanică, aplicată pe tavanul subsolului. Pardoseala existentă este montată pe un strat termoizolant nesatisfăcător. Peretele exterior nu este termoizolat decât în zona soclului.
11. Strat termoizolant nou, montat pe fața interioară a soclului. Pardoseala existentă, montată pe un strat termoizolant satisfăcător.
12. Strat termoizolant nou, montat peste pardoseala existentă. Stratul termoizolant existent - dispus la tavanul subsolului și realizat din plăci BCA montate pe cofrajul planșeului din beton armat monolit - este nesatisfăcător.

A3.4. Placa pe sol

13. Strat termoizolant nou, montat pe placa de beton slab armat existentă, după desfacerea pardoselii. Soclul este aliniat cu fața exterioară a peretelui.
14. Strat termoizolant orizontal, existent între placa de beton slab armat și pardoseală; fără strat termoizolant orizontal nou. Soclul este ieșit din planul feței exterioare a peretelui.
15. Fără straturi termoizolante orizontale, existente sau noi. Soclul este retras față de planul feței exterioare a peretelui.
16. Strat termoizolant nou, montat pe pardoseala existentă. Soclul este aliniat cu fața exterioară a peretelui. Peretele exterior nu este termoizolat decât în zona soclului.

A3.5. Pereți exteriori

17. Termoizolarea colturilor și a glafurilor verticale exterioare ale golurilor tâmplăriei exterioare. Tâmplărie din lemn simplă, nouă. Secțiune orizontală.
18. Termoizolarea peretelui structural din beton armat, existent între două logii adiacente. Secțiune orizontală.
19. Termoizolarea buiandrugilor din beton armat. Tâmplărie din lemn dublă, nouă. Secțiune verticală.
20. Termoizolarea planșeului din beton armat, existent între două logii suprapuse. Secțiune verticală.
21. Termoizolarea peretelui exterior în zona centurilor din beton armat. Secțiune verticală.

22. Termoizolarea peretelui exterior în zona plăcilor de balcon. Secțiune verticală.

LEGENDA

Materiale existente

1. Beton armat
2. Zidărie din cărămizi pline sau GVP
3. Zidărie din blocuri BCA
4. Fasii armate sau placi din BCA
5. Panouri mari prefabricate
6. Mortar (șapă, tencuială)
7. Beton simplu (de pantă, în fundații)
8. Strat termoizolant
9. Umplutură termoizolantă
10. Strat hidroizolant

Materiale montate la modernizare

11. Strat termoizolant eficient (placi din polistiren, vata minerala ș.a)
12. Strat termoizolant din polistiren extrudat
13. Strat termoizolant din spumă poliuretanică
14. Umplutură termoizolantă (recuperată)
15. Beton de panta
16. Strat de protecție
17. Șapă din mortar
18. Șapă din mortar + pardoseală
19. Strat hidroizolant
20. Șort din tablă zincată

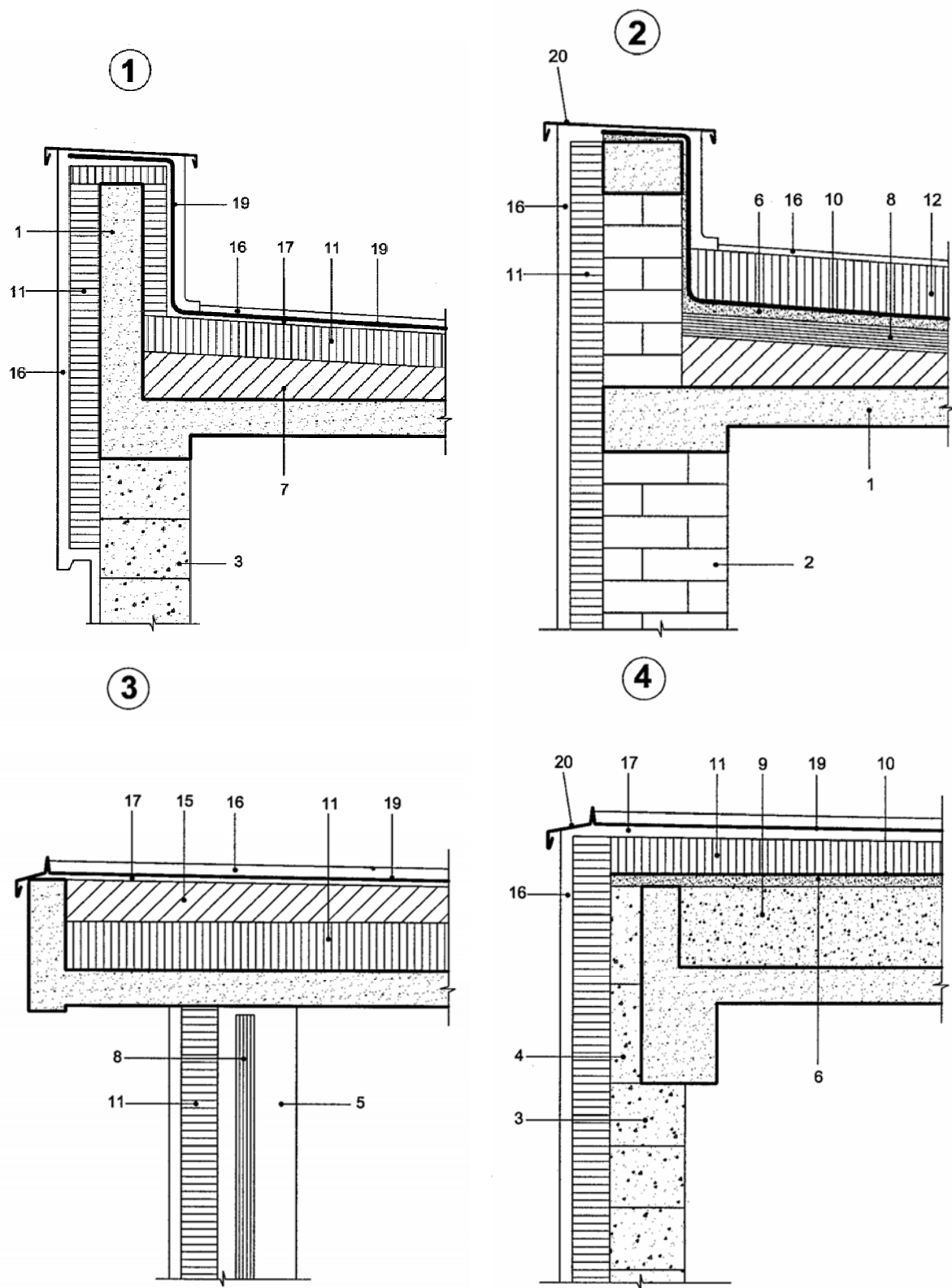


Fig. A3.1 -PLANȘEU

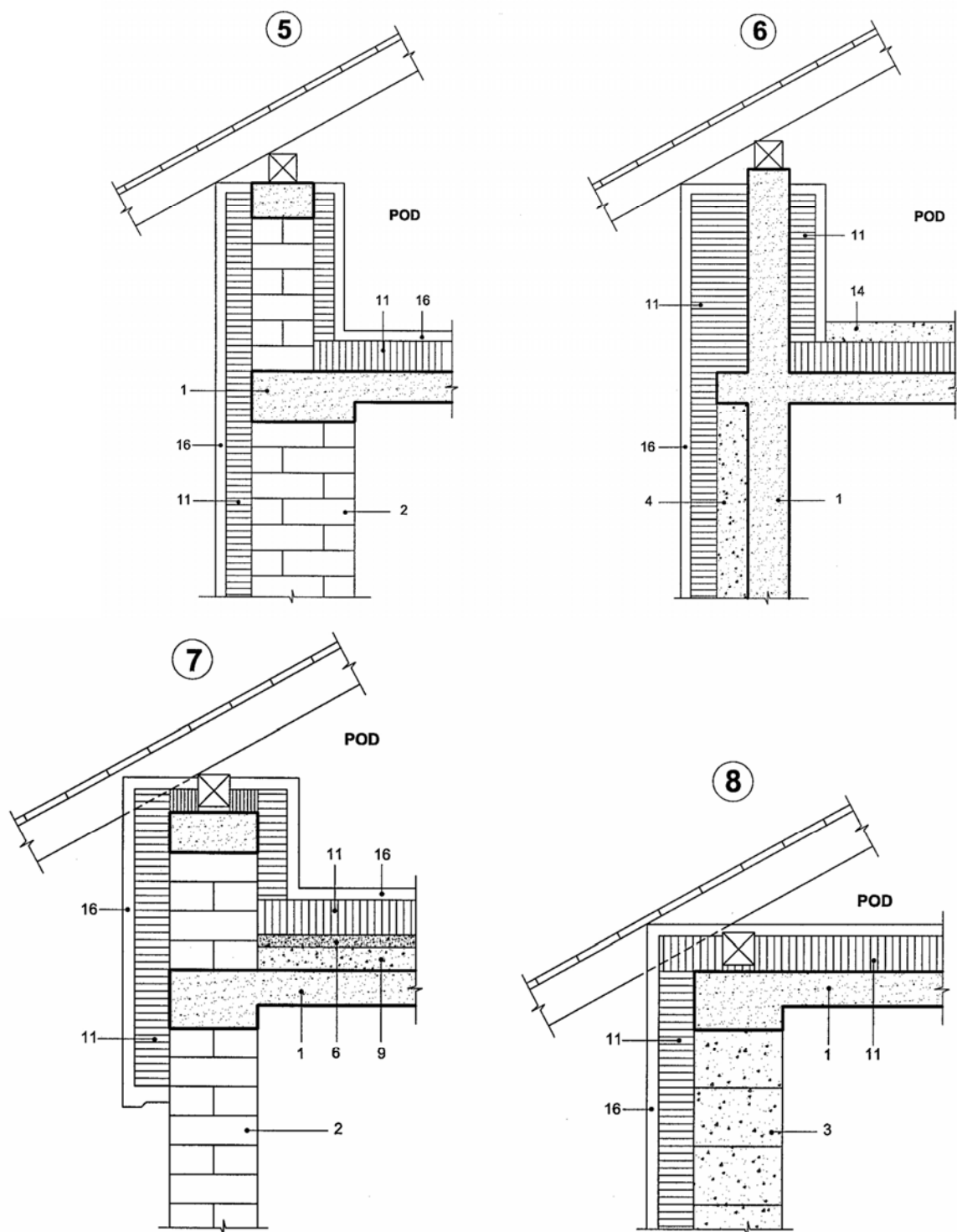


Fig. A3.2 –PLANȘEU POD

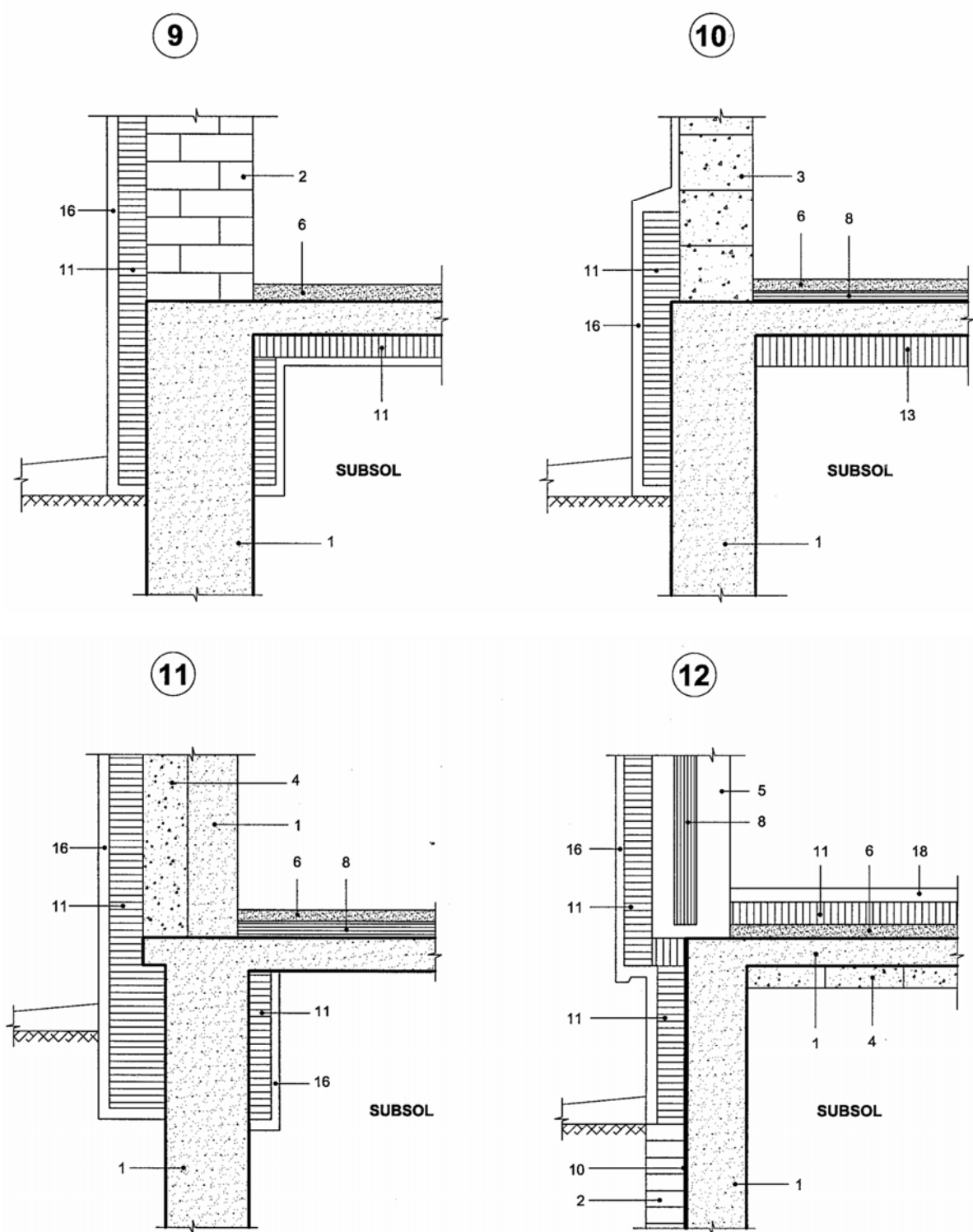


Fig. A3.3 –PLANȘEU PESTE SUBSOL

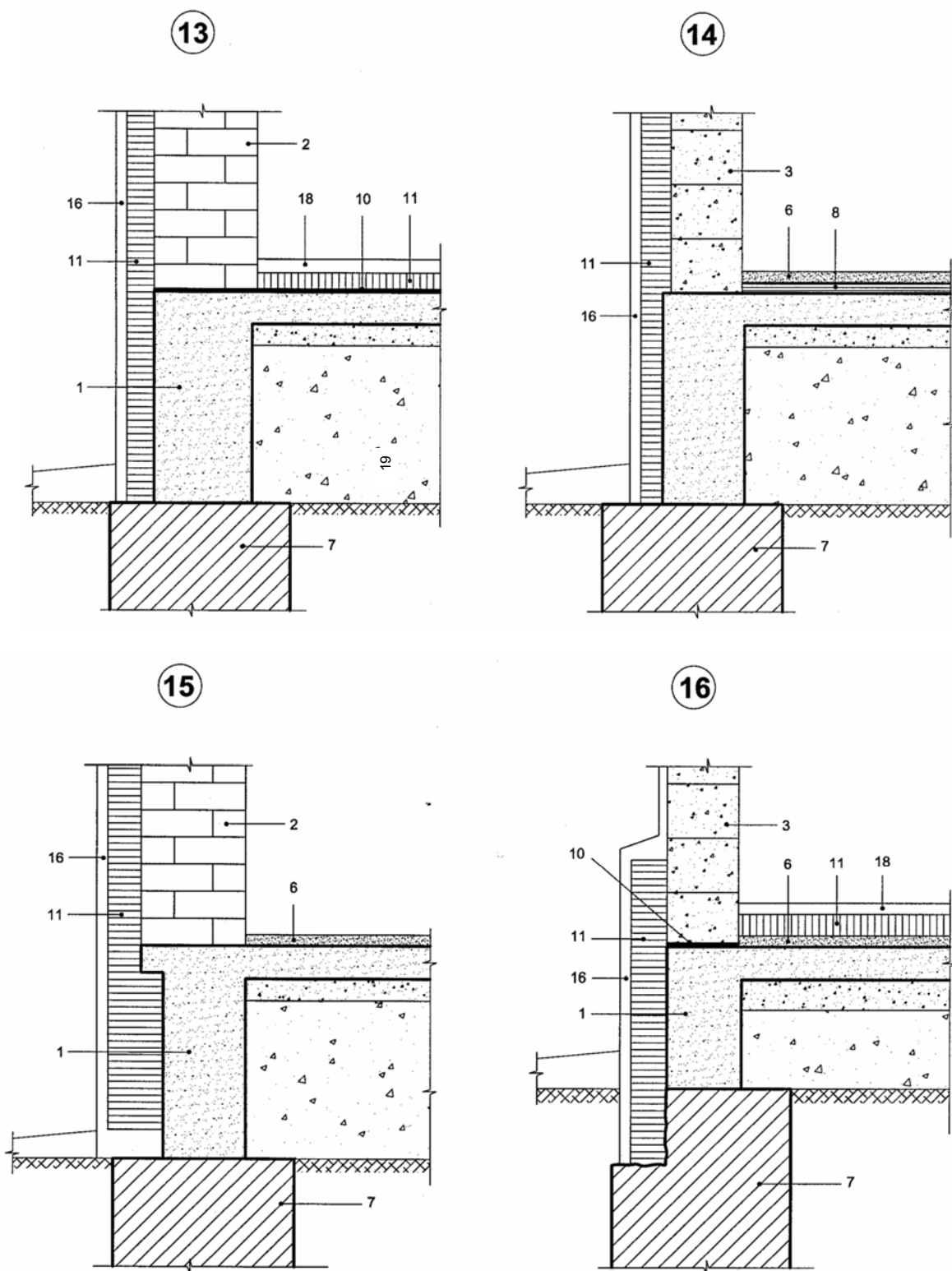


Fig. A3.4 – PLACĂ PE SOL

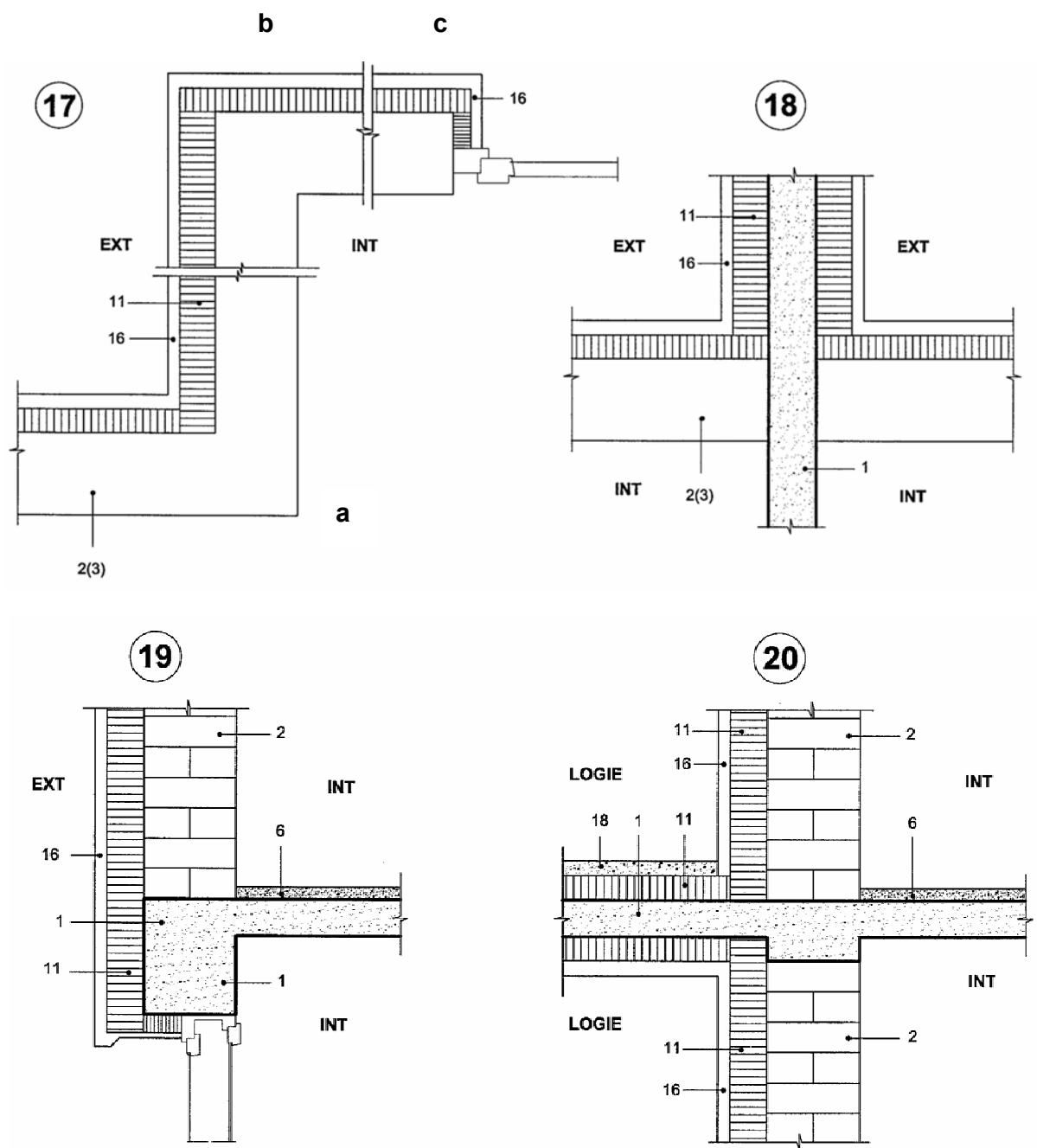


Fig. A3.4 – PEREȚI EXTERIORI

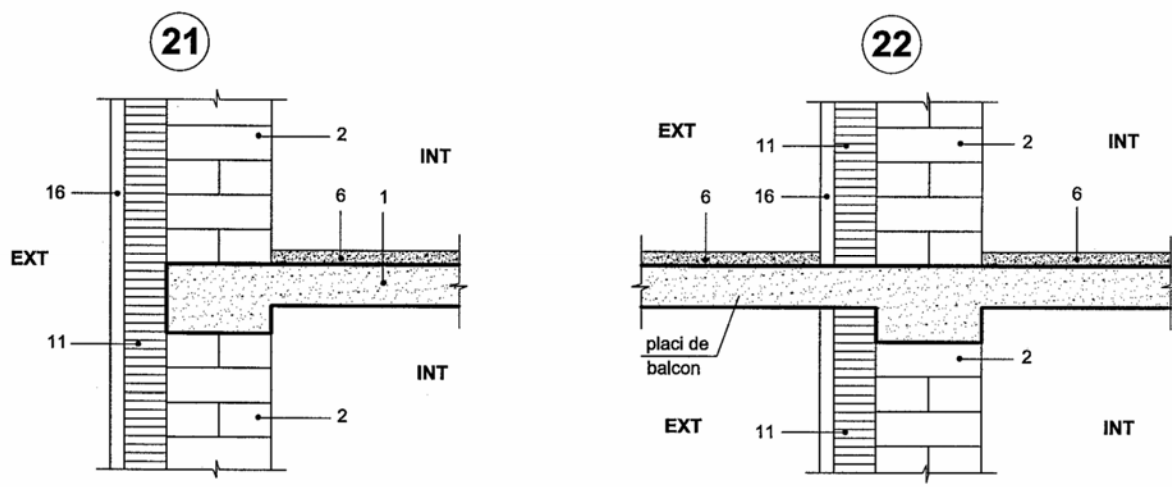
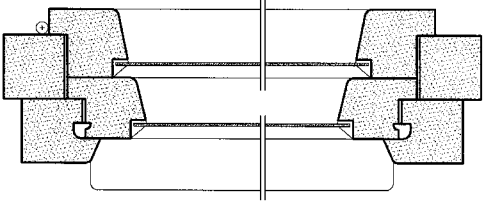
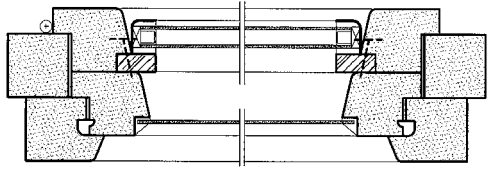
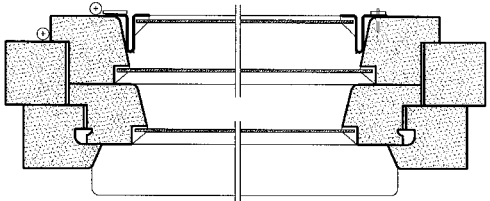
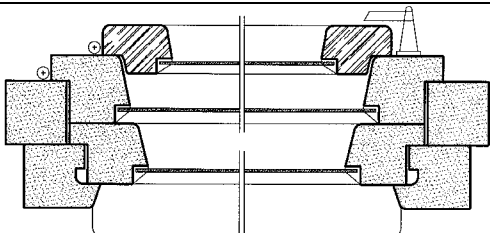


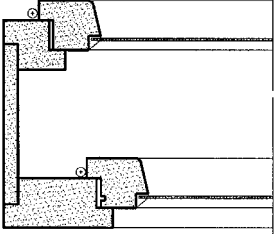
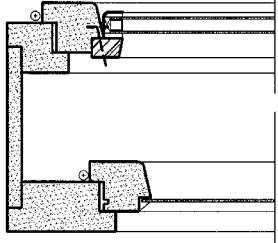
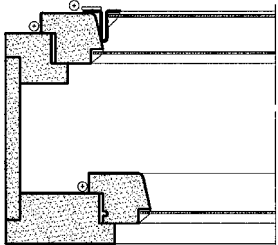
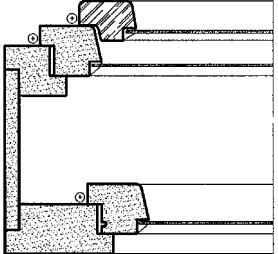
Fig. A3.4 – PEREȚI EXTERIORI (continuare)

SOLUȚII DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A TÂMPLĂRIEI EXTERIOARE (INFORMATIV)

Tabel A4.1. - Soluții de îmbunătățire a tâmplăriei din lemn, cuplată

SOLUȚIA			R [m ² K/W]
EXISTENT	A		0,39
POSSIBILITĂȚI DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE	A1		0,51
	A2		0,56
	A3		0,57

Tabel A4.2. - Soluții de îmbunătățire a tâmplăriei din lemn, dublă

SOLUȚIA			R [m ² K/W]
EXISTENT	A		0,43
POSIBILITĂȚI DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE	A1		0,55
	A2		0,58
	A3		0,59

Tabel A4.3 - TÂMLĂRIE NOUĂ

TIPURI DE TÂMLĂRIE EXTERIOARĂ

MATERIALUL	DENUMIREA	ALCĂTURE	GROSIME TOC	GEAMURI								R		UTILIZARE	
				Simpl e		Termoizolante						VARIANTA			
						duble		triple				AER	GAZ INERT		
				ext	int.	12	16								
			mm			n	t		t			m²K/W			
LEMN	TS	Simplă	62				●					0,49	0,54	DA	
	TC	cuplată	84	●	●							0,39	-	NU	
			94	●		●						0,53	0,55	DA	
				●		●						0,63	0,68		
	TD	dublă	176	●	●								0,43	-	NU
			186	●		●							0,57	0,59	DA
●					●						0,68	0,73			
PVC	TP	simplă	62			●						0,37	0,39	NU	
							●						0,49	0,54	DA
								●					0,52	0,55	
									●				0,57	0,64	
										●			0,62	0,67	

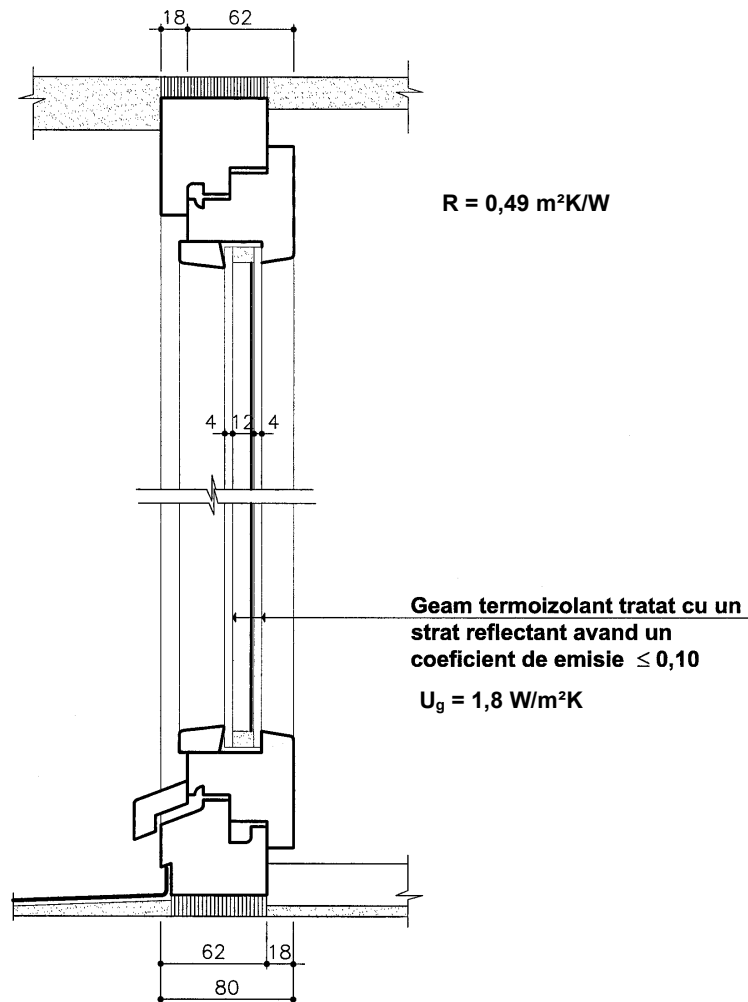
LEGENDA

- 9, 12, 16 - Grosimea spațiilor dintre geamuri [mm]
n - Fără suprafețe tratate
t - Cu o suprafață tratată cu un strat reflectant la raze infraroșii

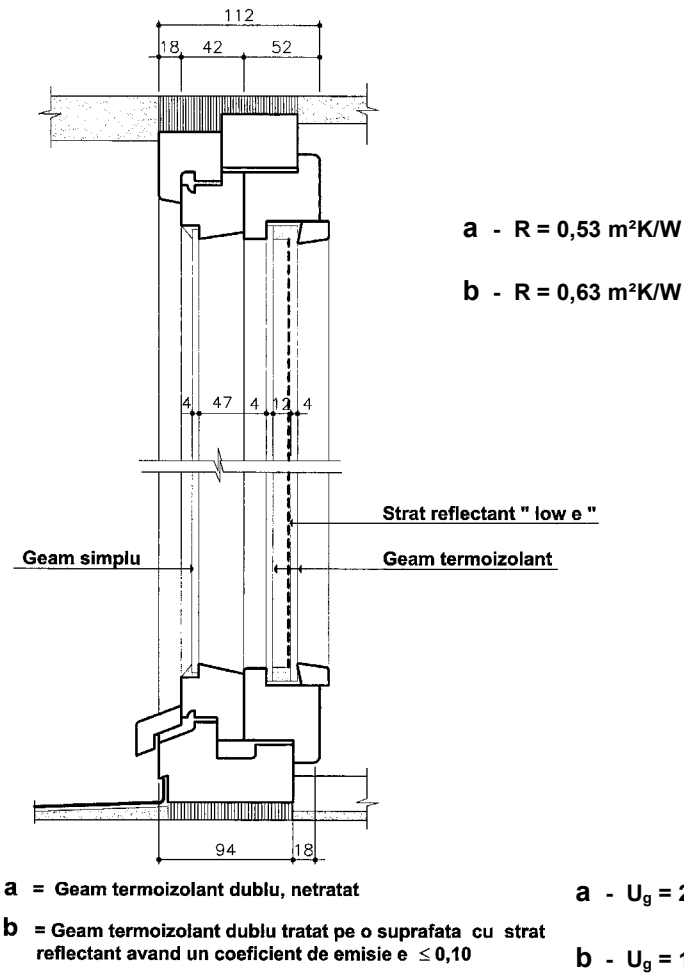
**Coeficienții de transfer termic U_g [W/m²K]
ai geamurilor termoizolate**

CARACTERISTICI		aer			gaz inert		
		9	12	16	9	12	16
duble	n		2,9			2,7	
	t		1,8	1,6		1,5	1,4
triple		1,3	1,1		1,0	0,9	

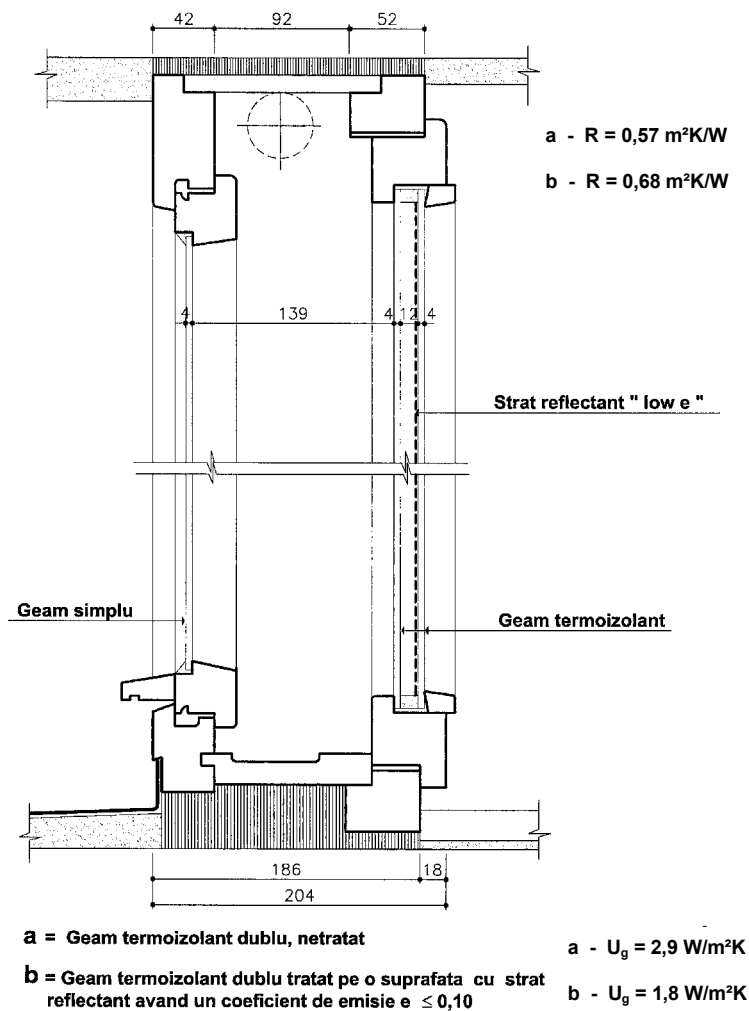
TÂMLĂRIE EXTERIOARĂ DIN LEMN **TÂMLĂRIE SIMPLĂ (T.S.) - exemplu**



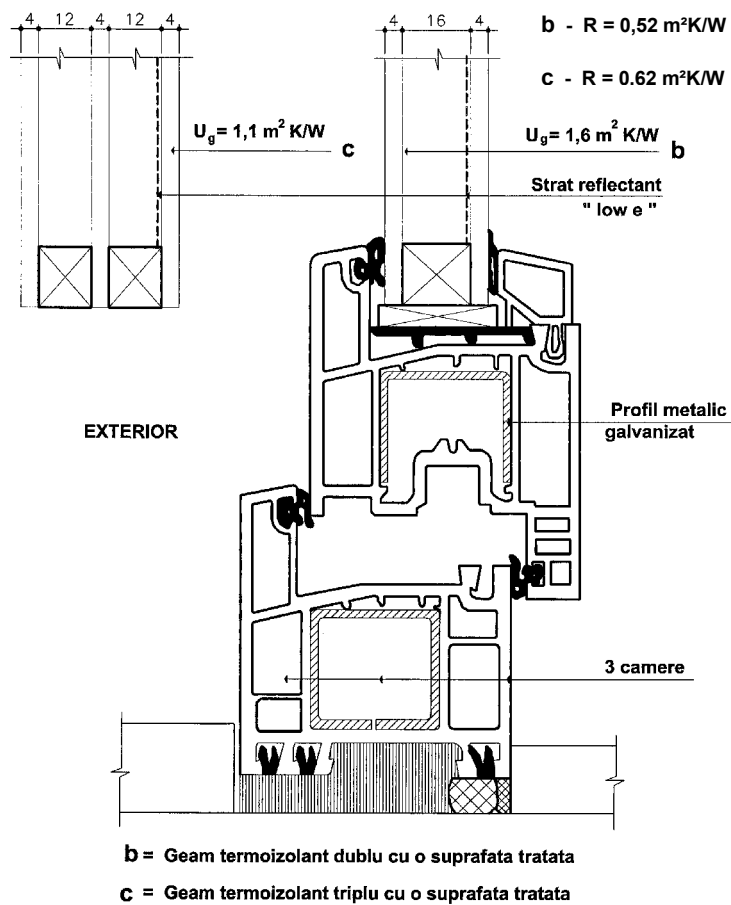
TÂMLĂRIE EXTERIOARĂ DIN LEMN **TÂMLĂRIE CUPLATĂ (T.C.) - exemplu**



TÂMPĂRIE EXTERIOARĂ DIN LEMN **TÂMPĂRIE DUBLĂ (T.D.) - exemplu**



TÂMPĂRIE EXTERIOARĂ DIN PVC (T.P.) - exemplu



**LISTA SOLUȚIILOR TEHNICE PENTRU MODERNIZAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR DE
LOCUIT ALIMENTATE DE LA TERMOFICARE
(INFORMATIV)**

A5.1. ÎNCĂLZIREA SPAȚIILOR LOCUITE

□ **Utilizarea rațională a căldurii**

Tabel A5.1 - Reabilitarea anvelopei clădirii

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Asigurarea etanșării tuturor geamurilor de pe casa scărilor	Reducerea n_a între spațiul casei scărilor și mediul exterior, respectiv creșterea temperaturii casei scărilor	Metodologie partea I
Asigurarea etanșării ușilor de la ghearele de gunoi din cadrul casei scărilor		
Asigurarea închiderii etanșe a ușilor de intrare în bloc, inclusiv a sasului protector		
Corecta funcționare a corpurilor statice din spațiul casei scărilor	Creșterea temperaturii casei scărilor	Metodologie partea I și partea a II-a
Etanșarea ușilor apartamentelor corespondente cu spațiul casei scărilor	Reducerea infiltrațiilor parazite între casa scărilor și spațiul locuit (influență asupra clasei de permeabilitate a clădirii)	Metodologie partea I și partea a II-a
Etanșarea ferestrelor și ușilor exterioare din apartamente	Reducerea n_a aferent spațiului locuit	
Etanșarea eventualelor fisuri de pe perimetrul tocului ușilor și ferestrelor		
Etanșarea gurilor de acces la instalația sanitară		
Asigurarea corectei ventilări a bucătăriilor și băilor prin dispozitive de ventilare naturală (unde este cazul)	Asigurarea cotei minime de aer proaspăt necesar realizării confortului fiziologic	

Tabel A5.2 - Reabilitarea instalației interioare de încălzire

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Spălarea tuturor corpurilor statice de încălzire și a coloanelor de distribuție din interiorul clădirii	Creșterea eficienței instalației de încălzire interioară prin asigurarea unei bune circulații a agentului termic	Metodologie partea a II-a
Înlocuirea tuturor ventilelor nefuncționale	Asigurarea unei bune circulații a agentului termic și eliminarea pierderilor de agent termic din instalația interioară	
Dotarea corpurilor statice cu ventile de aerisire	Asigurarea unei bune circulații a agentului termic în instalația interioară	
Prevederea pe conductele de legătură ale corpurilor statice a unor robinete de separare a corpurilor de încălzire	Eliminarea pierderilor de agent termic datorate necesității golirii coloanelor sau chiar a întregii instalații de încălzire în situația unei avarii la corpurile statice	
Înlocuirea tuturor vanelor defecte care prezintă pierderi de apă	Eliminarea pierderilor de agent termic și a unei surse de inundare a subsolului tehnic	

□ Utilizarea eficientă a căldurii

Tabel A5.3 - Modernizarea anvelopei

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Triplarea ferestrelor existente / înlocuirea ferestrelor existente cu ferestre moderne de tip termopan / dotarea cu obloane mobile exterioare	Reducerea fluxului termic disipat prin elementele de construcție vitrate	Metodologie partea I și partea a II-a
Izolarea termică a teraselor, a planșeului peste subsol (sau spații de trecere exterioare) și a pereților adiacenți unor spații reci	Reducerea fluxului termic disipat prin terasă și prin elementele de construcție către spații neîncălzite	Metodologie partea I și partea a II-a
Izolarea termică a pereților exteriori	Reducerea fluxului termic disipat prin pereți exteriori	

Tabel A5.4 - Modernizarea instalațiilor interioare de încălzire

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Înlocuirea robinetelor colțar cu robinete cu cap termostatic	Asigurarea reglajului termic local	Metodologie partea a II-a
Dotarea coloanelor verticale cu dispozitive de păstrare a disponibilului de presiune constant	Asigurarea reglajului termic la nivelul coloanelor verticale	
Dotarea corpurilor statice din spațiul locuit cu repartitoare de cost a căldurii consumate	Asigurarea controlului asupra livrării căldurii	Reducerea consumului de căldură pentru încălzire al clădirii cu cca. 15%
Dotarea instalației cu contor de căldură general	Cunoașterea consumurilor reale de căldură pentru încălzire și asigurarea unei facturări corecte a căldurii	-
Izolarea conductelor din subsolul tehnic	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de distribuție a agentului termic ²⁾	Metodologie partea I și partea a II-a

²⁾ **Observație:** aplicarea acestei măsuri de modernizare energetică conduce la reducerea temperaturii subsolului tehnic și implicit la modificarea fluxului termic cedat către subsolul tehnic dinspre spațiul locuit. Prin urmare este necesar să se reia calculul consumului de căldură pentru încălzire, conform Metodologie partea I și partea a II-a.

A5.2. CONSUMUL DE APĂ CALDĂ

□ Utilizarea rațională a apei calde

Tabel A5.5 - Reabilitarea instalației de apă caldă de consum

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Repararea tuturor armăturilor defecte	Eliminarea pierderilor de apă caldă	Fără pierderi de apă
Utilizarea perlatoarelor pentru reducerea debitului de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum (în situația în care se asigură presiunea de utilizare la nivelul punctelor de consum)	-
Montarea debitmetrului pe bransamentul de alimentare cu apă caldă din subsolul tehnic	Cunoașterea consumurilor reale de căldură pentru prepararea apei calde de consum și a consumurilor efective de apă, respectiv asigurarea unei facturări corecte a acestora	-

□ Utilizarea eficientă a apei calde

Tabel A5.6 - Modernizarea instalației de apă caldă de consum

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Introducerea unor armături cu consum redus de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum	Consum specific de apă caldă de consum la temperatura de 60°C de 80 l/pers.zi
Contorizarea individuală a apei calde		
Izolarea termică a conductelor de distribuție a apei calde de consum și a conductei de recirculare din subsolul tehnic al clădirii și din spațiul locuit	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de apă caldă de consum	Metodologie partea a II-a

OBSERVAȚIE:

Soluțiile / măsurile de reabilitare sau/și modernizare prezentate mai sus pot fi grupate în pachete de soluții, în măsura în care acestea sunt compatibile din punct de vedere tehnic / funcțional. În acest caz, influența soluțiilor / măsurilor grupate se analizează pentru pachetul de soluții considerat și nu individual (efectele fiecărei măsuri în parte asupra reducerii consumului de căldură al clădirii nu se însumează).

A5.3. LUCRĂRI CONEXE RECOMANDATE ÎN VEDEREA APLICĂRII SOLUȚIILOR DE MODERNIZARE ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR DE LOCUIT RACORDATE LA SISTEM CENTRALIZAT DE ALIMENTARE CU CĂLDURĂ

❑ Lucrări care revin asociațiilor de locatari/proprietari

- uscarea subsolurilor inundate;
- dotarea canalizării subsolurilor cu clapete contra refulării canalizării stradale;
- repararea tuturor conductelor sparte care creează pericol de inundare a subsolurilor tehnice;
- desființarea tuturor boxelor care împiedică accesul la coloanele de distribuție a agentului termic secundar și a apei calde de consum;
- asigurarea serviciilor de consultanță energetică din partea unor firme specializate (care să asigure și întreținerea corespunzătoare a instalațiilor din construcții);
- contorizarea individuală a consumului de gaze la bucătării în vederea limitării consumului de gaze strict pentru necesități de preparare a hranei;
- dotarea coloanelor de încălzire cu vane de echilibrare automate (presiune diferențială constantă)

❑ Lucrări în competența furnizorului de utilități termice

- asigurarea alimentării cu agent termic a fiecărui bloc și scară de bloc și separarea contoarelor comune cu vane acționate manual;
- livrarea continuă a apei calde și utilizarea recirculării;
- asigurarea presiunii și debitelor corespunzătoare livrării normale a apei calde (și reci);
- asigurarea parametrilor termici și hidraulici conform protocolului încheiat prin contractul de servicii între furnizor și asociația de locatari/proprietari;
- asigurarea și diversificarea serviciilor oferite utilizatorilor;
- modernizarea sistemului de distribuție și furnizare a utilităților termice;
- contorizarea apei de adaos în PT/CT;
- tratarea apei de adaos introdusă în instalația de încălzire;
- modificarea schemei de furnizare a utilităților termice;
- automatizarea funcționării PT/CT, cel puțin pe secțiunea de preparare a apei calde, vizând în principal menținerea temperaturii apei calde la o temperatură apropiată de 60°C și, în secundar, limitarea debitului de apă livrat la consum în cazul scăderii temperaturii apei calde sub 50°C;
- asigurarea corectei echilibrări hidraulice a rețelelor de încălzire și distribuție a apei calde;
- realizarea punctelor de monitorizare la fiecare bloc și asigurarea securității accesului la aparatura de măsură și reglaj;
- adoptarea soluțiilor moderne de proiectare și execuție a lucrărilor de modernizare;
- asigurarea monitorizării și a dispecerizării funcționării instalațiilor de distribuție a căldurii;
- asigurarea condițiilor de alimentare cu apă a construcțiilor astfel încât să se evite sustragerea apei din instalația de încălzire de către locatari;
- contorizarea utilităților termice la consumatori.

**LISTA SOLUȚIILOR TEHNICE PROPUSE PENTRU MODERNIZAREA ENERGETICĂ A
CLĂDIRILOR DE LOCUIT INDIVIDUALE SAU ÎNȘIRUITE DOTATE CU SURSĂ PROPRIE DE
CĂLDURĂ
(INFORMATIV)**

A6.1. ÎNCĂLZIREA SPAȚIILOR LOCUITE

□ **Utilizarea rațională a căldurii**

Tabel A6.1 - Reabilitarea anvelopei clădirii

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Asigurarea etanșării tuturor geamurilor din spațiile neîncălzite (pod, spații anexe etc.)	Reducerea n_a între aceste spații și mediul exterior, respectiv creșterea temperaturii acestor spații	Metodologie partea I și partea a II-a
Etanșarea ferestrelor și ușilor exterioare	Reducerea n_a aferent spațiului locuit	Metodologie partea I și partea a II-a
Etanșarea eventualelor fisuri de pe perimetrul tocului ușilor și ferestrelor		
Asigurarea corectei ventilări a bucătăriilor și băilor prin dispozitive de ventilare naturală (unde este cazul)	Asigurarea cotei minime de aer proaspăt necesar realizării confortului fiziologic	

Tabel A6.2 - Reabilitarea instalației interioare de încălzire

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Clădiri dotate cu instalație de încălzire centrală		
Înlocuirea tuturor ventilelor nefuncționale	Asigurarea unei bune circulații a agentului termic și eliminarea pierderilor de agent termic din instalația interioară	Metodologie partea a II-a
Dotarea corpurilor statice cu ventile de aerisire	Asigurarea unei bune circulații a agentului termic în instalația interioară	
Dotarea corpurilor statice cu teuri de reglaj	Asigurarea echilibrării hidraulice a instalației de încălzire interioară	
Înlocuirea tuturor vanelor defecte care prezintă pierderi de fluid	Eliminarea pierderilor de agent termic și a unei surse de inundare a subsolului	
Curățarea periodică a cazanelor de producere a căldurii pentru încălzire	Creșterea randamentului de producere a căldurii	Metodologie partea a II-a
Clădiri cu încălzire locală cu sobe		
Curățarea periodică a sobelor	Creșterea randamentului de producere a căldurii	Metodologie partea a II-a
Dotarea sobelor cu element de obturare a coșului de fum pe durata nefuncționării sobei		

□ **Utilizarea eficientă a căldurii**

Tabel A6.3 - Modernizarea anvelopei

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Triplarea ferestrelor existente / înlocuirea ferestrelor existente cu ferestre moderne de tip termopan / dotarea cu obloane mobile exterioare	Reducerea fluxului termic disipat prin elementele de construcție vitrate	Metodologie partea I și partea a II-a
Izolarea termică a teraselor / acoperișului peste mansardă sau a planșeului sub pod	Reducerea fluxului termic disipat prin terasă și prin elementele de construcție către spații neîncălzite	Metodologie partea I și partea a II-a
Izolarea termică a planșeului peste subsol (sau spații de trecere exterioare) și a pereților adiacenți unor spații reci		
Izolarea termică a pereților exteriori	Reducerea fluxului termic disipat prin pereți exteriori	
Construirea unei închideri a scării de intrare / asigurarea unui sas la intrarea în clădire	Reducerea temperaturii exterioare aferentă intrării în clădire și reducerea debitului de aer rece prin ușa de intrare	Metodologie partea I și partea a II-a

Tabel A6.4 - Modernizarea instalațiilor de încălzire interioară

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Clădiri cu încălzire locală cu sobe		
Schimbarea combustibilului solid sau lichid cu combustibil gazos	Creșterea randamentului de producere a căldurii	Metodologie partea a II-a
Dotarea sobelor cu echipamente de reglaj termostatic a acestora funcție de temperatura interioară	Creșterea randamentului de reglare prin evitarea supraîncălzirii încăperilor	Metodologie partea a II-a
Înlocuirea sobelor cu instalație de încălzire centrală	Creșterea randamentului sistemului de încălzire	Metodologie partea a II-a
Clădiri dotate cu instalație de încălzire centrală		
Dotarea corpurilor statice cu robinete cu cap termostatic	Asigurarea reglajului termic local	Metodologie partea a II-a
Dotarea circuitelor care alimentează zone distincte încălzite cu dispozitive de reglare	Asigurarea reglajului termic la pe zone încălzite	
Dotarea instalației de încălzire cu echipament de reglare cu ceas, programabil	Asigurarea reducerii temperaturii spațiilor încălzite pe durata nopții sau în perioadele de neocupare a acestora	Metodologie partea a II-a
Izolarea conductelor de distribuție din spațiile neîncălzite	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de distribuție a agentului termic ³⁾	
Înlocuirea arzătorului care echipează cazanul existent cu unul modern, nou	Creșterea randamentului anual de producere a căldurii	Metodologie partea a II-a
Înlocuirea cazanului de producere a căldurii pentru încălzire cu cazan modern		

³⁾ **Observație:** aplicarea acestei măsuri de modernizare energetică conduce la reducerea temperaturii spațiilor neîncălzite traversate de conducte de încălzire și implicit la modificarea fluxului termic cedat către aceste spații dinspre spațiul locuit. Prin urmare este necesar să se reia calculul consumului de căldură pentru încălzire, conform cap. 3 din lucrarea [2].

A6.2. CONSUMUL DE APĂ CALDĂ

□ Utilizarea rațională a apei calde

Tabel A6.5 - Reabilitarea instalației de apă caldă de consum

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Repararea tuturor armăturilor defecte	Eliminarea pierderilor de apă caldă	Fără pierderi de apă
Utilizarea perlatoarelor pentru reducerea debitului de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum (în situația în care se asigură presiunea de utilizare la nivelul punctelor de consum)	-

□ Utilizarea eficientă a apei calde

Tabel A6.6 - Modernizarea instalației de apă caldă de consum

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Introducerea unor armături cu consum redus de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum	Consum specific de apă caldă de consum redus cu cca. 5% în raport cu Anexa 11
Izolarea termică a conductelor de distribuție a apei calde de consum din spațiile neîncălzite și din spațiul locuit	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de apă caldă de consum	Metodologie partea a II-a
Izolarea termică a boilerului cu acumulare pentru prepararea apei calde de consum	Reducerea fluxului termic disipat prin mantaua boilerului	Metodologie partea a II-a

Tabel A6.6 - Modernizarea instalației de apă caldă de consum

Soluția tehnică	Influență asupra consumului de căldură prin:	Modalitate de cuantificare
Reducerea temperaturii apei calde de consum până la 50°C	Reducerea consumului de căldură pentru producerea apei calde de consum	Metodologie partea a II-a
Înlocuirea echipamentelor actuale de producere a apei calde de consum cu echipamente moderne, noi	Creșterea randamentului de producere a căldurii pentru prepararea apei calde de consum	

OBSERVAȚIE:

Soluțiile / măsurile de reabilitare sau/și modernizare prezentate mai sus pot fi grupate în pachete de soluții, în măsura în care acestea sunt compatibile din punct de vedere tehnic / funcțional. În acest caz, influența soluțiilor / măsurilor grupate se analizează pentru pachetul de soluții considerat și nu individual (efectele fiecărei măsuri în parte asupra reducerii consumului de căldură al clădirii nu se însumează).

A6.3. LUCRĂRI CONEXE RECOMANDATE ÎN VEDEREA UTILIZĂRII RAȚIONALE ȘI EFICIENTE LA CLĂDIRILE DE LOCUIT INDIVIDUALE SAU ÎNȘIRUITE DOTATE CU SURSĂ PROPRIE DE CĂLDURĂ

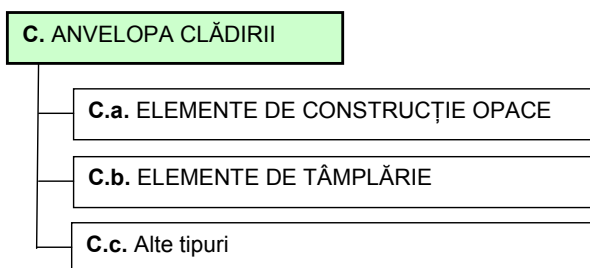
- uscarea subsolurilor inundate;
- dotarea canalizării subsolurilor cu clapete contra refulării canalizării stradale;
- repararea tuturor conductelor sparte care creează pericol de inundare a subsolurilor;
- repararea acoperișului peste pod în vederea asigurării etanșeității la ploaie sau zăpadă a acestuia;
- curățirea periodică a coșurilor de fum, în special în cazul producerii căldurii prin utilizarea combustibililor solizi sau lichizi;
- asigurarea integrității tencuielii fațadelor;
- asigurarea serviciilor de consultanță energetică din partea unor firme specializate (care să asigure și întreținerea corespunzătoare a instalațiilor din construcții).

DATE PRIMARE PRIVIND MĂSURILE DE REABILITARE ȘI MODERNIZARE PENTRU ANALIZA ECONOMICĂ ÎN CADRUL AUDITULUI ENERGETIC AL CLĂDIRILOR EXISTENTE (INFORMATIV)

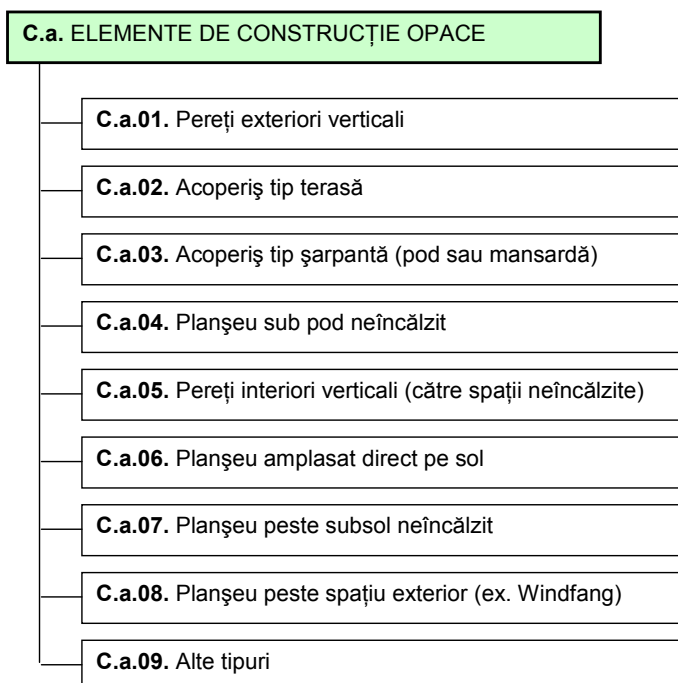
Această Anexă prezintă, cu titlu orientativ, date primare privind costurile măsurilor de reabilitare / modernizare energetică în vederea utilizării la analiza economică în cadrul auditului energetic al clădirii. Costurile se prezintă structurate pe clase reprezentative de elemente de construcție (anvelopa clădirii) – „C” sau instalații – „I”, cu referire la soluțiile de modernizare posibil de aplicat, în vederea utilizării într-un program de calcul automat.

A7.1 Construcție

Costurile specifice aferente anvelopei construcției sunt structurate în funcție de tipul elementelor de construcție care formează anvelopa.



Pentru fiecare subclasă sunt indicate costuri specifice pe tipuri reprezentative de soluții de modernizare energetică, indicându-se fie valori sintetice ale costurilor, fie relații de calcul în funcție de indicatorii fizici ai soluțiilor respective (ex. suprafața de termoizolat și volumul termoizolației, lungime de rosturi ale tâmplăriei etc.).



Relația generală de determinare a costului pentru termoizolarea elementelor de construcție exterioare opace este următoarea:

$$C_T = A \cdot A_{IZ} + B \cdot V_{IZ} \quad [\text{Euro}]$$

în care

A_{IZ} reprezintă aria totală a pereților care urmează a fi termoizolați, măsurată la exteriorul sau la interiorul acestora, după caz,

V_{IZ} reprezintă volumul total al materialului termoizolant;

A, B reprezintă costul unitar al materialului termoizolant (euro / m², respectiv euro / m³).

C.b. ELEMENTE DE TÂMLĂRIE

C.b.01. Ferestre

C.b.02. Uși

C.b.03. Etanșare rosturi elemente de tâmplărie

C.b.01. Ferestre

Relația de determinare a costului pentru modernizarea tâmplăriei exterioare este următoarea:

$$C_T = C \cdot A_{TE} \quad [\text{Euro}]$$

în care

C reprezintă costul unitar

A_{TE} reprezintă aria totală a tâmplăriei exterioare,

- Ferestre exterioare spațiu locuit
- Ferestre exterioare spații comune (ex. Casa scării)
- Ferestre către spații neîncălzite
- Luminatoare
- Vitraj din blocuri de sticlă (Tip Nevada)
- Montare oblon pe fereastră existentă
- Alte tipuri

C.b.02. Uși

Relația de determinare a costului pentru modernizarea tâmplăriei exterioare este următoarea:

$$C_T = C \cdot A_{TE} \quad [\text{Euro}]$$

în care

C reprezintă costul unitar

A_{TE} reprezintă aria totală a tâmplăriei exterioare,

- Uși exterioare spațiu locuit
- Uși exterioare spații comune (ex. Casa scării)
- Uși către spații neîncălzite
- Alte tipuri

C.b.03. Etanșare rosturi elemente de tâmplărie

Relația de determinare a costului pentru etanșarea rosturilor este următoarea:

$$C_T = D \cdot L_R \quad [\text{Euro}]$$

în care

D reprezintă costul unitar (euro / m)

L_R reprezintă lungimea totală a rosturilor care se etanșează (în cazul ferestrelor exterioare - interioare și exterioare).

- Etanșare rosturi elemente mobile
- Etanșare rosturi contur tâmplărie

A7.1 Instalații

I. INSTALAȚII AFERENTE CLĂDIRII

I.a. INSTALAȚIA DE ÎNCĂLZIRE

I.b. INSTALAȚIA DE PREPARARE ȘI UTILIZARE A APEI CALDE DE CONSUM

I.c. INSTALAȚIA ELECTRICĂ ȘI ILUMINAT

I.d. INSTALAȚIA DE VENTILARE / CLIMATIZARE

I.e. Alte tipuri

Costurile specifice aferente instalațiilor clădirii sunt structurate în funcție de tipul instalației și de componentele acesteia.

I.a. INSTALAȚIA DE ÎNCĂLZIRE

I.a.01. INSTALAȚIE DE ÎNCĂLZIRE CENTRALĂ CU CORPURI STATICE

I.a.02. INSTALAȚIE DE ÎNCĂLZIRE PRIN RADIAȚIE DE JOASĂ TEMPERATURĂ

I.a.03. INSTALAȚIE DE ÎNCĂLZIRE CENTRALĂ CU AER CALD

I.a.04. INSTALAȚIE DE ÎNCĂLZIRE LOCALĂ (CU APARATE DE ÎNCĂLZIRE INDEPENDENTE)

I.a.05. Alte tipuri

- Asigurarea reglajului instalației de încălzire centrală:
- Echipamente de contorizare energie termică:

I.b. INSTALAȚIA DE PREPARARE ȘI UTILIZARE A APEI CALDE DE CONSUM

I.b.01. SURSA DE PRODUCERE / PREPARARE A APEI CALDE DE CONSUM

I.b.02. INSTALAȚIA DE DISTRIBUȚIE A APEI CALDE DE CONSUM

I.b.03. INSTALAȚIA DE UTILIZARE A APEI CALDE DE CONSUM

I.b.04. INSTALAȚIE SOLARĂ DE PREPARARE SI UTILIZARE A APEI CALDE DE CONSUM

I.c. INSTALAȚIA ELECTRICĂ ȘI DE ILUMINAT

I.c.01. INSTALAȚIA DE ILUMINAT

I.c.02. APARATE ELECTRICE DE UZ CASNIC

I.c.03. APARATE ELECTRICE PENTRU BIROU

I.c.04. ECHIPAMENTE ELECTRICE AFERENTE INSTALAȚIILOR DE ÎNCĂLZIRE, VENTILARE ȘI APĂ CALDĂ DE CONSUM

I.c.05. Alte tipuri

I.d. INSTALAȚIA DE VENTILARE / CLIMATIZARE

I.d.01. INSTALAȚIE DE CLIMATIZARE CENTRALIZATĂ AER - APĂ

I.d.02. INSTALAȚIE DE CLIMATIZARE CENTRALIZATĂ NUMAI AER

I.d.03. INSTALAȚIE DE CLIMATIZARE LOCALĂ

I.d.03.i. Cu aparate de fereastră

I.d.03.ii. Cu aparate de tip SPLIT

I.d.03.iii. Cu dulapuri de climatizare

I.d.04. Alte tipuri

ANEXA 8

MODEL DE CERTIFICAT DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ AL CLĂDIRII

Cod poștal
localitateNr. înregistrare la
Consiliul LocalData
înregistrării

z z | l a a

5 0 7 0 1 0

0 0 8 2 1 8

0 2 0 2 0 7

Certificat de performanță energetică

Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 59,2	
Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință
Eficiență energetică ridicată Eficiență energetică scăzută		E	B
Consum anual specific de energie [kWh/m²an]		430	180
Indice de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m²an]		85	40
Consum anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică	
		Clădirea certificată	Clădirea de referință
Încălzire:	240	D	B
Apă caldă de consum:	110	E	C
Climatizare:	-	-	-
Ventilare mecanică:	-	-	-
Iluminat artificial:	80	E	C
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]:		0	

Date privind clădirea certificată:

Adresa clădirii: Aria utilă spațiului condiționat:
 Categoria clădirii: m²
 Regim de înălțime: Aria construită desfășurată: m²
 Anul construirii: Volumul interior condiționat al clădirii:
 Motivul elaborării certificatului energetic:

Programul de calcul utilizat:, versiunea:

Date privind identificarea auditorului energetic pentru clădiri:

Clasificarea energetică a clădirii este făcută funcție de consumul total de energie al clădirii, estimat prin analiză termică și energetică a construcției și instalațiilor aferente.

Notarea energetică a clădirii ține seama de penalizările datorate utilizării neraționale a energiei.

Perioada de valabilitate a prezentului Certificat Energetic este de 10 ani de la data eliberării acestuia

Specialitatea (c, i, ci)	Numele și prenumele	Seria și Nr. certificat de atestare	Data și Nr. înregistrare certificat în registrul auditorului energetic	Semnătura și ștampila
.....				
.....				

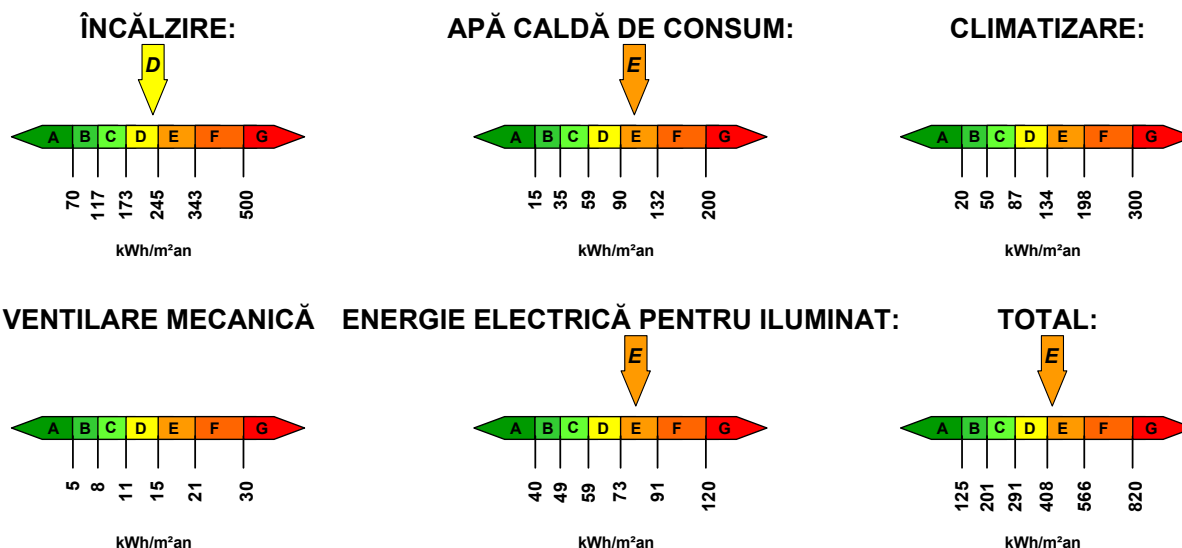
Clasificarea energetică a clădirii este făcută funcție de consumul total de energie al clădirii, estimat prin analiză termică și energetică a construcției și instalațiilor aferente.

Notarea energetică a clădirii ține seama de penalizările datorate utilizării neraționale a energiei.

Perioada de valabilitate a prezentului Certificat Energetic este de 10 ani de la data eliberării acestuia

DATE PRIVIND EVALUAREA PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRII

- Grile de clasificare energetică a clădirii funcție de consumul de căldură anual specific:



- Performanța energetică a clădirii de referință:

Consum anual specific de energie [kWh/m²an]		Notare energetică
pentru:		94,4
Încălzire:	85	
Apă caldă de consum:	45	
Climatizare:	-	
Ventilare mecanică:	-	
Iluminat artificial:	50	

- Penalizări acordate clădirii certificate și motivarea acestora:

$P_0 = 1,45$ – după cum urmează.

▪ Subsol uscat, dar fără posibilitate de acces la instalația ▪ Ușa de intrare clădire nu este prevăzută cu sistem automat de închidere și este lăsată frecvent deschisă în perioada de neutilizare ▪ Ferestre / uși în stare bună, dar neetanșe ▪ Cel puțin jumătate dintre armăturile de reglaj ale corpurilor statice nu sunt funcționale ▪ Instalația de încălzire a fost spălată / curățată cu mai mult de trei ani în urmă ▪ Coloanele de încălzire nu sunt prevăzute cu armături de separare și golire a acestora ▪ Tencuială exterioară căzută parțial ▪ Pereții exteriori prezintă pete de condens ▪ Clădire fără sistem de ventilare organizată	$p_1 = 1,01$ $p_2 = 1,05$ $p_3 = 1,02$ $p_4 = 1,05$ $p_5 = 1,05$ $p_6 = 1,03$ $p_8 = 1,05$ $p_9 = 1,02$ $p_{12} = 1,10$

- Recomandări pentru reducerea costurilor prin îmbunătățirea performanței energetice a clădirii:

- Soluții recomandate pentru anvelopa clădirii,
- Soluții recomandate pentru instalațiile aferente clădirii, după caz.

Clasificarea energetică a clădirii este făcută funcție de consumul total de energie al clădirii, estimat prin analiză termică și energetică a construcției și instalațiilor aferente.

Notarea energetică a clădirii ține seama de penalizările datorate utilizării neraționale a energiei.

Perioada de valabilitate a prezentului Certificat Energetic este de 10 ani de la data eliberării acestuia

INFORMAȚII PRIVIND CLĂDIREA CERTIFICATĂ
Anexa la Certificatul de performanță energetică nr.

1. Date privind construcția:

- ☐ Categoria clădirii: ☐ de locuit, individuală ☐ de locuit cu mai multe apartamente (bloc)
- ☐ cămine, internate ☐ spitale, policlinici
- ☐ hoteluri și restaurante ☐ clădiri pentru sport
- ☐ clădiri social-culturale ☐ clădiri pentru servicii de comerț
- ☐ alte tipuri de clădiri consumatoare de energie
- ☐ Nr. niveluri: ☐ Subsol, ☐ Demisol,
- ☐ Parter + ...etaje
- ☐ Nr. de apartamente și suprafețe locuibile:

Tip. ap.	Aria unui apartament [m ²]	Nr. ap.	S _{Loc} [m ²]
0	1	2	3
1 cam.			
2 cam.			
3 cam.			
4 cam.			
5 cam.			
TOTAL			

- ☐ Volumul total al clădirii: m³

- ☐ Caracteristici geometrice și termotehnice ale anvelopei:

Tip element de construcție	Rezistența termică corectată [m ² K/W]	Aria [m ²]
0	1	2
PE 1		
PE 2		
FE		
UE		
TE		
Sb		
CS		
...		
Total arie exterioară [m²]		

- ☐ Indice de compactitate al clădirii, S_E / V: m⁻¹

2. Date privind instalația de încălzire interioară:

- ☐ Sursa de energie pentru încălzirea spațiilor:
- ☐ Sursă proprie, cu combustibil:
- ☐ Centrală termică de cartier
- ☐ Termoficare – punct termic central
- ☐ Termoficare – punct termic local
- ☐ Altă sursă sau sursă mixtă:
- ☐ Tipul sistemului de încălzire:
- ☐ Încălzire locală cu sobe,
- ☐ Încălzire centrală cu corpuri statice,
- ☐ Încălzire centrală cu aer cald,
- ☐ Încălzire centrală cu planșee încălzitoare,
- ☐ Alt sistem de încălzire:

☐ Date privind instalația de încălzire locală cu sobe:

- Numărul sobelor:
- Tipul sobelor, mărimea și tipul cahelelor – tabel.

☐ Date privind instalația de încălzire interioară cu corpuri statice:

Tip corp static	Număr corpuri statice [buc.]			Suprafață echivalentă termic [m²]		
	în spațiul locuit	în spațiul comun	Total	în spațiul locuit	în spațiul comun	Total

- Tip distribuție a agentului termic de încălzire: ☐ inferioară,
☐ superioară,
☐ mixtă
- Necesarul de căldură de calcul: : W
- Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic,
☐ multiplu: puncte,
- diametru nominal: mm,
- disponibil de presiune (nominal): mmCA
- Contor de căldură: - tip contor
- anul instalării
- existența vizei metrologice
- Elemente de reglaj termic și hidraulic:
- la nivel de racord
- la nivelul coloanelor
- la nivelul corpurilor statice
- Lungimea totală a rețelei de distribuție amplasată în spații neîncălzite m;
- Debitul nominal de agent termic de încălzire l/h;
- Curba medie normală de reglaj pentru debitul nominal de agent termic:

Temp. ext. [°C]	-15	-10	-5	0	+5	+10
Temp. tur [°C]						
Q _{inc.} mediu orar [W]						

☐ Date privind instalația de încălzire interioară cu planșeu încălzitor:

- Aria planșeului încălzitor: m²
- Lungimea și diametrul nominal al serpentinelor încălzitoare;

Diametru serpentină. [mm]			
Lungime [m]			

- Tipul elementelor de reglaj termic din dotarea instalației:

3. Date privind instalația de apă caldă de consum:

☐ Sursa de energie pentru prepararea apei calde de consum:

- ☐ Sursă proprie, cu:
- ☐ Centrală termică de cartier
- ☐ Termoficare – punct termic central
- ☐ Termoficare – punct termic local
- ☐ Altă sursă sau sursă mixtă:

- ☐ Tipul sistemului de preparare a apei calde de consum:
- ☐ Din sursă centralizată,
 - ☐ Centrală termică proprie,
 - ☐ Boiler cu acumulare,
 - ☐ Preparare locală cu aparate de tip instant a.c.m.,
 - ☐ Preparare locală pe plită,
 - ☐ Alt sistem de preparare a.c.m.:
- ☐ Puncte de consum a.c.m.:
- ☐ Numărul de obiecte sanitare - pe tipuri:
- ☐ Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic,
- ☐ multiplu: puncte,
- diametru nominal: mm,
- necesar de presiune (nominal): mmCA
- ☐ Conducta de recirculare a a.c.m.: ☐ funcțională,
- ☐ nu funcționează
- ☐ nu există
- ☐ Contor de căldură general: - tip contor,
- anul instalării,
- existența vizei metrologice
- ☐ Debitmetre la nivelul punctelor de consum: ☐ nu există
- ☐ parțial
- ☐ peste tot

4. Informații privind instalația de climatizare:

5. Informații privind instalația de ventilație mecanică:

6. Informații privind instalația de iluminat:

Întocmit,

Auditor energetic pentru clădiri,

Numele și prenumele,

Ștampila și semnătura

CONSUMURI SPECIFICE DE CĂLDURĂ PENTRU PREPARAREA APEI CALDE DE CONSUM PENTRU CLĂDIREA DE REFERINȚĂ

Consumurile specifice de apă caldă de consum și consumurile specifice de căldură pentru prepararea apei calde de consum pentru clădirea de referință, la nivelul punctelor de consum, sunt date în tabelul următor:

Tipul clădirii		g_{60} [l/pers·zi]	q_{60} [kWh/m ² ·an]
Clădiri de locuit			
Clădiri racordate la un sistem de încălzire districtuală (punct termic central sau centrală termică de cartier)	Bloc	110	$1958 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
	Case individuale	80	$1424 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
	Case înșiruite	80	$1424 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
Clădiri dotate cu centrală termică proprie sau stație termică compactă care prepară și apa caldă de consum	Bloc	80	$1424 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
	Case individuale	60	$1068 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
	Case înșiruite	60	$1068 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
Apartamente amplasate în blocuri și dotate cu centrală termică proprie sau boiler electric pentru preparare a.c.m.		60	$1068 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
Clădiri individuale sau înșiruite la care prepararea apei calde de consum se face prin sisteme proprii funcționând cu:	gaze naturale (ex. cazan de baie) sau electric	50	$890 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
	Combustibil lichid	40	$712 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
	Combustibil solid	30	$534 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$
Clădiri individuale sau înșiruite la care prepararea apei calde de consum se face pe plită sau aragaz		20	$356 \cdot i_{Loc} \cdot A_{Loc}/A_{Inc}$

i_{Loc} – indice mediu statistic de ocupare a locuințelor (Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor - partea a II-a, Anexa II.3.C),

A_{Loc} – aria utilă a camerelor de locuit,

A_{Inc} – aria utilă a spațiului încălzit.

Art.4. — Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al României, Partea I.

Art.5. — La data intrării în vigoare a prezentului ordin, Ordinul ministrului lucrărilor publice, transporturilor și locuinței nr.1435/2002 pentru aprobarea reglementării tehnice „Metodologie privind auditul energetic al clădirilor de locuit existente și al instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde menajere”, indicativ MP 024-2002, publicat în Buletinul Construcțiilor nr. B.C. nr. 10-11/2002 și în Monitorul Oficial al României, Partea I nr. 732 din 7 octombrie 2002, se abrogă, iar Ordinul ministrului lucrărilor publice, transporturilor și locuinței nr. 322/N/2000 pentru aprobarea reglementării tehnice „Normativ pentru elaborarea și acordarea certificatului energetic al clădirilor existente”, indicativ NP 049-2000, publicat în Buletinul Construcțiilor nr. 5/2001, Ordinul ministrului lucrărilor publice, transporturilor și locuinței nr. 323/N/2000 pentru aprobarea reglementării tehnice „Normativ pentru realizarea auditului energetic al clădirilor existente și al instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora”, indicativ NP 047-2000, publicat în Buletinul Construcțiilor nr. 5/2001 și Ordinul ministrului lucrărilor publice, transporturilor și locuinței nr. 935/2002 pentru aprobarea reglementării tehnice „Ghid pentru elaborarea și acordarea certificatului energetic al clădirilor existente”, indicativ GT 037-2002, publicat în Buletinul Construcțiilor nr. 2/2003, își încetează aplicabilitatea.

MINISTRU

RADU MIRCEA BERCEANU

**MINISTRU DELEGAT PENTRU LUCRĂRI PUBLICE ȘI
AMENAJAREA TERITORIULUI**

László BORBÉLY

SECRETAR DE STAT

Ioan ANDREICA

SECRETAR GENERAL

Radian TUFĂ

SECRETAR GENERAL ADJUNCT

Constanța PANĂ

**DIRECȚIA GENERALĂ JURIDICĂ
DIRECTOR GENERAL**

Elena PETRAȘCU

**DIRECȚIA GENERALĂ INTEGRARE EUROPEANĂ
ȘI RELAȚII INTERNAȚIONALE
DIRECTOR GENERAL**

**DIRECȚIA DE REGLEMENTARE ÎN CONSTRUCȚII
DIRECTOR**

Cristian Paul STAMATIADE

DIRECȚIA DE REGLEMENTARE ÎN CONSTRUCȚII

REFERAT DE APROBARE

Nr. /

Reglementarea tehnică: „Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor”, este prevăzută la art. 4 din Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor.

Reglementarea tehnică prevede evaluarea performanței energetice a unei clădiri în condiții normale de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale sistemului construcție – instalații aferente (încălzire, apă caldă de consum, ventilare / climatizare, iluminat artificial), pentru diferite categorii de clădiri prevăzute de Legea susmenționată și este structurată pe trei părți:

Partea I – Anvelopa clădirii;

Partea a II-a – Performanța energetică a instalațiilor aferente clădirii;

Partea a III-a – Auditul și certificatul de performanță a clădirii.

Reglementarea tehnică detaliază:

- procedura de obținere a datelor corespunzătoare despre profilul consumului energetic existent al unei clădiri (corespunzător prevederilor cuprinse în Partea I și Partea a II-a);

- etapele auditului energetic: identificare și cuantificarea oportunităților rentabile pentru realizarea unor economii de energie, precum și de raportare a rezultatelor (corespunzător prevederilor cuprinse în Partea a III-a);

- elaborarea și conținutul certificatului de performanță energetică al unei clădiri în care se includ: consumul de energie specific total anual pentru încălzire, ventilare / climatizare, apa caldă de consum și iluminat, în condiții normale de exploatare a clădirii, nota energetică acordată clădirii, clasa energetică în care se încadrează clădirea funcție de scala energetică (corespunzător prevederilor cuprinse în Partea a III-a).

Reglementarea tehnică prevede grilele de notare energetică a clădirilor, reprezentând valorile maxime și minime posibile ale consumului specific de căldură, diferențiat pe utilități (instalațiile aferente clădirii) și respectiv pe total.

Având în vedere cele menționate mai sus, vă rugăm să binevoiți a semna ordinul alăturat ***pentru aprobarea reglementării tehnice "Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor"***.

DIRECTOR,

CRISTIAN PAUL STAMATIADÉ