

EVITAREA CONDENSĂRII ÎN INCINTE CONSTRUITE

Marius Radoane

Principiul Evitării Condensului

2013

Abstract

Această lucrare oferă o descriere critică a modului în care procesul de condensare poate fi evitat în incinte izolate termic. Singura modalitate de eliminare a condensului este păstrarea vaporilor calzi în mediul cald. Configurația anvelopei unei incinte care include materiale sau condiții de izolație crează diferențe de temperatură care pot duce la condensare. Evitarea condensării poate fi obținută într-o Izolație Impermeabilă la Vaporii (IIV) dar numai prin asigurarea extinderii acestor proprietăți pentru acoperirea întregii suprafețe a incintei. În acest scop poate fi creat Ansamblul de Izolație Ne-Permisivă (AINP). Prin urmare, devine necesar să se creeze un principiu care să poată fi aplicat ca o metodă de bază pe care procesul de proiectare și execuție a incintelor construite să îl folosească pentru evitarea condensării.

Introducere

Condensarea poate fi definită ca procesul de schimbare a vaporilor de la starea gazoasă la starea lichidă sau suprasaturația (este depășită umiditatea maximă numită și Umiditate Absolută (UA) pe care o poate menține aerul la o anumită temperatură), mai fiind definită și de apariția punctului de rouă (corpuri sau suprafețe cu temperatură peste temperatura aferentă UA). În pereții clădirilor, condensul duce la umezeală, egrasie având ca rezultat dezvoltarea mucegaiurilor, fungi și alte organisme, putrezirea lemnului, ruginire, exfolieri, degradare. Condensarea este cauzată de condițiile în care conținutul de umiditate în aer este prea mare în comparație cu temperatura sau, în alte cazuri, temperatura este prea scăzută în comparație cu nivelul de umiditate din aer.

În incintele construite, condensul apare pe suprafețele interioare din cauza punților termice (lipsa izolației), dar mai ales interstițial, în interiorul pereților anvelopă din cauza migrației vaporilor de la cald la rece.

Putem defini o incintă construită ca orice stare fizică care are următoarele trei caracteristici: un mediu extern, un înveliș termic și un mediu interior condiționat. Pentru a defini termenul "condensare" în contextul unei incinte de construcție putem preciza că, deoarece toate materialele structurale ale clădirii au proprietatea de a realiza conducerea termică, vaporii calzi vor pleca din zona caldă împinși de presiunea relativă spre zonele mai reci unde există șansa de a condensa pe suprafețe, în materiale structurale sau izolație. În termeni generali, atunci când incintele termice sunt expuse la sarcini termice (diferențe de temperatură), se poate anticipa că, dacă vaporii sunt transportați de aer sau transferați prin difuzie, procesul de condensare este probabil să se producă între suprafața interioară și suprafața exterioară. Trebuie remarcat faptul că acest lucru se întâmplă în condițiile în care materialele care formează incinta sunt permeabile la transferul de aer și la difuzia vaporilor, dar și pe suprafețe impermeabile care ajung să aibă temperaturi sub limita punctului de rouă. Odată cu instalarea diferențelor de temperatură și necesitatea de izolare termică apar forțele care împing vaporii calzi în zona rece, dar și punctul de

rouă și condițiile de condensare. Concluzionând ca regulă, condensul în anvelopa construcțiilor este inevitabil, stadiul tehnicii având metode și strategii de reducere a condensării și nu de evitare în totalitate, construirea în conformitate cu conceptul de gestionare a umezelii urmând în practică așa-numitele Principii ale Controlului Umidității.

Obiectivul principal al acestui raport este de a aborda o altă regulă de bază care poate fi aplicată ca metodă de prevenire a condensului în întregime. Această regulă numită Principiu îi va ajuta pe cei din domeniul construcțiilor să elimine stresul condensului în pereții anvelopă, ciclurile de umezire-uscă, acumularea de umiditate, mușgai și degradare.

Teoria Izolațiilor Ne-Permisive

Pentru a aplica în mod eficient principiul sau teoria izolației nepermisive, trebuie să identificăm mai întâi principalele caracteristici fizice care conduc la procesul de condensare în anvelopa clădirilor în timpul utilizării construcției. Una dintre aceste două caracteristici este conductivitatea termică care are ca rezultat crearea unui punct de condensare în unele zone raportate la grosimea de perete, în materiale structurale sau în ansamblul de izolație. Cealaltă caracteristică este proprietatea materialelor de a permite trecerea vaporilor sau permeabilitatea, care permite difuzia vaporilor către zonele reci. În ecuația eliminării condensului trebuie să fie clar că fluxul termic nu poate fi oprit ci doar încetinit. Prin urmare, fluxul rece (deficitul de energie sub formă de căldură) trebuie să întâlnească fluxul cald într-o zonă a peretelui cu rol de separator de mediu. Luând în considerare cele două caracteristici fizice, cu siguranță doar permeabilitatea la trecerea vaporilor poate fi prevenită în totalitate.

Având cei doi factori stabiliți, putem anticipa că pentru a preveni condensarea, trebuie să eliminăm fluxul de vaporii și difuzia ca fiind singurul factor care poate fi redus la zero, factorul de conductivitate și transfer termic fiind dificil de influențat și imposibil de eliminat. Întrebarea rămâne cum să prevenim condensarea prin aplicarea acestui concept în condițiile în care variația sarcinii termice (influența factorilor de mediu) este predominantă.

Metodele actuale de prevenire a condensării constau în aplicarea de bariere de aer și retardanți de vapori, straturi de aer și ventilații în pereți sau izolații, controlul nivelului de umiditate interioară prin dezumidificare cu sisteme de aer condiționat și ventilație, sisteme de echilibrare a presiunii aerului în pereți. Aceste strategii depind în ultimă instanță de condițiile climatice în care se află clădirea. Dacă în zonele unde predomină încălzirea spațiului locuit (climat continental rece) se poate reduce nivelul de umiditate din interior cu sisteme mecanice, în schimb în climatul predominant răcit (zone climatice calde umede) unde fluxul de vapori este din exterior, metoda reducerii umidității relative nu este posibil de aplicat. Cea mai veche dar și cea mai puțin cunoscută metoda de prevenire a condensării și reducere a efectelor umidității este fluxul de aer intenționat prin pereții de tip nemineral, structuri din lemn. Construirea cu flux de aer intenționat prin pereți a dus la ideea de ”respirație a peretelui”. Aceasta metodă a fost eliminată odată cu eficientizarea termică, concept care are la bază etanșeitarea la aer a peretelui anvelopă.

Noul concept al prevede rezolvarea problemelor legate de condensare prin împiedicarea în întregime a vaporilor de apă să difuzeze într-un material izolant care formează un ansamblu de izolație și creează o incintă termică. Faptul că vaporii sunt opriți complet implică și eliminarea oricărei scurgere a aerului, infiltrație sau absorbția apei, rămânând doar un flux termic propagat prin conducție. Datorită acestui fapt, conceptul de evitare a condensării face uz de termenul nepermisiv.

Pentru a avea o diferențiere clară între bariera de vapori și o izolație impermeabilă, trebuie să dezvoltăm o terminologie adecvată. Terminologia va contribui, de asemenea, la diferențierea acestei metode de alte metode, definind de asemenea Principiul. Materialele de izolație care au proprietatea de a fi impermeabile la vapori sunt denumite Izolații Impermeabilă la Vapori (IIV). Pe de altă parte, există ansambluri care sunt create din materiale impermeabile la vapori, acestea vor fi numite Ansambluri de Izolație Ne-Permisive (AINP). Teoria izolațiilor nepermissive aplică aceste terminologii pentru o diferențiere față de celelalte. Aceste două tipuri de izolații VII și AINP aplicate la incinte de construcție pot fi clasificate ca separator de mediu în conceptul de evitare a

condensării, separat fața de elementul structural al peretelui.

Ideea de izolație nepermisivă poate deveni confuză în unele cazuri, motivul fiind că utilizarea unei bariere totale de vapori (ex. folie de polietilenă) în ansamblurile de pereți este cel mai defavorabil lucru și duce la acumularea de umiditate, în timp ce utilizarea de ansambluri de izolare nepermissive este cea mai bună configurație în aplicații care preven condensarea. Diferența între barierele de vapori și izolarea impermeabilă la vapori este asociată cu funcționalitatea nepermisivă. AINP se diferențiază prin faptul că acționează atât ca o barieră de vapori, cât și ca retardant termic, în timp ce o barieră normală de vapori nu împiedică fluxul termic. Extrapolând, putem spune că o IIV este formată din două bariere totale de vapori, separate de un câmp retardant termic. Suprafețele în contact cu mediul vor avea temperaturi echivalente cu temperatura vaporilor conținuți de mediu, deci fără condiția de condensare (punct de rouă). Schimbul (pierderea) de căldură se produce în interiorul IIV sau AINP unde apare și o zonă de ”punct de rouă teoretic” pentru vaporii din mediul cald. Atunci când vaporii din mediul cald nu ajung la această zonă, condensarea este evitată. În schimb, bariera de vapori va deveni la un moment dat suprafață de condens situându-se în zona de punct de rouă. Așadar, conceptul nepermisiv combină proprietatea unui material care formează o incintă de a fi retardant termic (izolație) cu proprietatea de a opri trecerea vaporilor, rezultatul fiind evitarea condensului.

O simplă barieră de vapori este alcătuită din două suprafețe care vor avea niveluri de temperatură similare în zona cu temperatura aferentă fluxului termic. Temperatura egală pe cele două suprafețe duce la transformarea barierei de vapori într-o suprafață de condensare a vaporilor calzi. După cum am văzut, în IIV sau AINP cele două suprafețe sunt detașate fiind separate de câmpul de izolație. Pentru a preveni condensarea, rezistivitatea termică (inversul conductivității) trebuie să fie în acord cu sarcinile termice maxime anticipate, așa încât zona de punct de rouă (zona rece) să nu ajungă la suprafața de contact cu vaporii calzi. Condiția necesară și suficientă pentru evitarea condensului este ca fluxul cald (ex. căldura din interior) să ridice temperatura suprafeței izolației nepermissive (căldura trece în interiorul izolației), la fel și temperatura altor materiale care

compun structura peretelui peste nivelul punctului de rouă aferent condițiilor de mediu din interiorul incintei. Cu alte cuvinte, vaporii calzi vor fi în contact cu suprafețe calde, fiind prevenite orice condiții care pot duce la condensare.

Acest lucru face ca problema condensului să fie mai ușor de rezolvat și mai simplă. Suprafețele AINP împreună cu volumele de aer și alte materiale dintr-un mediu (interior sau exterior) trebuie să acumuleze și să mențină niveluri de temperatură mai ridicate decât cele necesare pentru atingerea punctului de rouă aferent condițiilor de mediu. Una din cerințele pentru menținerea unei rate de difuzie zero este ca vaporii să nu încalce limita suprafeței AINP, condiție necesară și suficientă de asemenea pentru evitarea condensării. Valoarea izolației (R-value) se stabilește în funcție de sarcini termice defavorabile ca intensitate și timp. Această valoare stabilește grosimea izolației, dimensiunea în care se produce schimbul de căldură sau altfel spus conversia între fluxul cald și fluxul rece (deficitul de căldură). Izolarea nepermisivă prevede eliminarea oricărei difuzii sau convecție care poate transporta vaporii în zona rece, prin urmare condensarea are șanse zero sau minime să se producă.

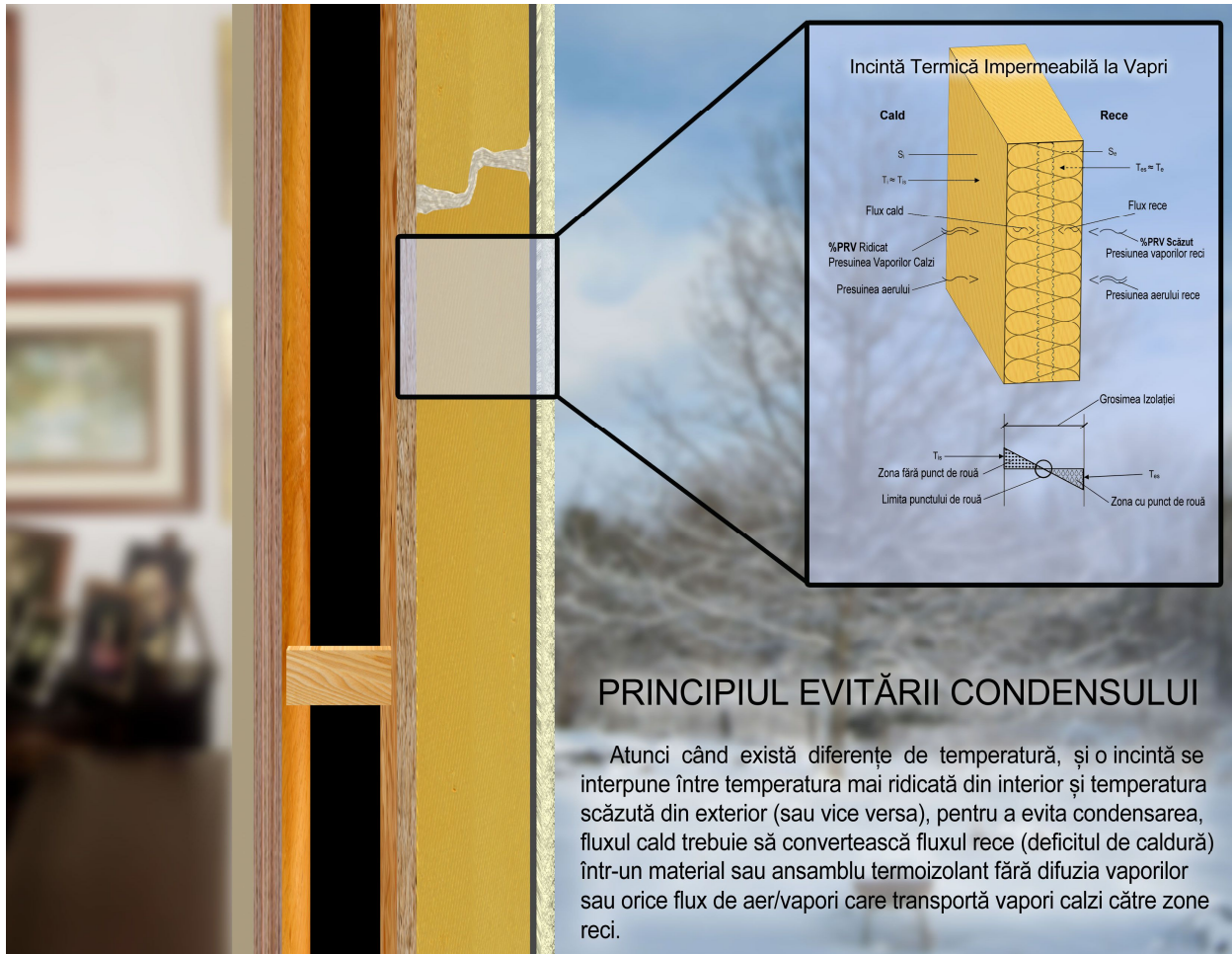
Această metodă de evitare a condensului este în continuare exprimată ca Principiu.

Enunțarea Principiului

Prin acest Principiu se stabilește o regulă generală și metodă pentru evitarea condensării.

Principiul Evitării Condensului poate fi enunțat astfel:

Atunci când există diferențe de temperatură și o incintă se interpune între temperatură mai ridicată din interior și temperatura mai scăzută din exterior (sau viceversa), pentru evitarea condensării, fluxul cald trebuie să convertească fluxul rece (deficitul de căldură) într-un material sau ansamblu termoizolant fără difuzie de vaporii sau orice flux de aer care poate transporta vaporii calzi către zone reci.



După o înțelegere profundă a fenomenologiei și configurației izolațiilor impermeabile la vapori sau a ansamblurilor de izolare nepermissive, **Principiul Evitării Condensului** poate avea o enunțare simplă:

Condensul este evitat atunci când fluxul cald convertește fluxul rece într-o Izolație Impermeabilă la Vapori sau un Ansamblu termo-Izolant Ne-Permisiv.

Cunoașterea acestui principiu este un punct de plecare în proiectarea incintelor izolate și pentru orice situație în care este imperativ să se evite condensarea. Utilitatea acestui principiu este evidentă.

Termenul "permisiv" include toate căile prin care scurgerea aerului/vaporilor afectează și interacționează cu incinta, cum ar fi: difuzia vaporilor, fluxul de aer prin pereții de incintă (etanșeitatea la aer), infiltrare/exfiltrare, aerul împins de vânt sau convecția forțată, scurgeri de aer prin izolații permeabile, ocolirea (looping) prin goluri în jurul izolației sau convecție în cavități, absorbție de apă și capilaritate. În izolațiile nepermissive, toți acești factori sunt eliminați, rămânând doar analiza conducerii termice și a fluxului de căldură, cu certitudinea că problemele de condensare sunt eliminate. De asemenea, valoarea rezistivității termice R-value nu este afectată de caracteristicile permissive (R-value este 100% efectiv).

Pentru practică, izolația nepermisivă este considerată separat față de structură, cu aplicare continuă și unitate constructivă cu alte elemente, pentru crearea unei incinte termice. În scopul evitării condensului, AINP formează incinta cu rolul de a separa mediul cald de mediul rece prin oprirea vaporilor într-o izolație în timp ce peretele primește doar un rol structural. Astfel, peretele structural poate fi construit fără etanșeitate, cu facilități pentru uscarea unidirecțională (uscarea/"respirația" structurii într-un singur mediu). Izolația nepermisivă se aplică în principal pe exteriorul unei structuri (cea mai bună configurație), așa încât elementul structural al anvelopei este menținut în mediul interior protejat, fără condens, umiditate sau influențe ale mediului exterior.

Principiul Evitării Condensului înlocuiește în practică conceptul de pereți care permit trecerea de aer/vapori de la interior la exterior (de la cald la rece) și sistemul de control al umidității, ciclurile de umezire-uscarea în pereții anvelopă fiind înlocuiți de un efect de uscarea într-un singur mediu.

Atunci când materialele permeabile la vapori sunt utilizate în configurația pereților și materialele sunt sensibile la apă/umiditate, de obicei, umiditatea acumulată depășește nivelul de siguranță și capacitatea de stocare tolerabilă, ceea ce duce la deteriorare. Trebuie știut că tehnicile folosite pentru a reduce potențialul de condensare și prescripțiile tehnice spun că evitarea

condensului este posibilă prin folosirea judicioasă a izolațiilor și a materialelor care “respiră” sau opresc vaporii. Totuși, stadiul tehnicii nu prevede eliminarea în totalitate a ciclurilor de acumulare și cedare a umidității.

Beneficiile prevenirii condensării și utilizării în totalitate a coeficienților de izolare au valoare efectivă numai prin aplicarea acestui principiu. Anvelopa rezultată va prezenta rezistență la intemperii și izolație foarte eficientă, etanșeitate totală la aer și impermeabilizare, fără a fi nevoie de mecanisme de prevenire, drenare sau uscare a umidității.

După cum reiese din specificație, metoda expusă este potrivită pentru diferite situații constructive. La fel ca alte dispozitive și ansambluri create anterior pe principii, în domeniul construcțiilor există elemente constructive sau ansambluri cum ar fi panouri de ferestre, panouri sandwich etc. care respectă parțial principiul evitării condensului.

În categoria AINP poate fi prezentată o exemplificare convingătoare în panourile de ferestre (geam termopan). Un termopan este alcătuit din două panouri de sticlă separate printr-un gaz inert care funcționează ca izolație. Panourile de sticlă sunt etanșate pe contur pentru a crea un ansamblu de etanșare completă la aer/vapori. Fluxul de căldură care trece prin conductivitate prin panourile de geam în timpul unei zile reci de iarnă este mult mai mare decât prin pereți. O fereastră cu o valoare U de 0,35 permite un flux de căldură de circa cinci ori mai mare decât printr-o zonă de perete. Sticla este cunoscută ca cea mai favorabilă suprafață pentru condens, însă chiar și în zile reci geamul rămâne uscat și fără condens. Cunoșcând principiul evitării condensului, explicația este simplă: fluxul de căldură încălzește suprafața interioară a sticlei și ridică temperatura pe suprafață, peste punctul de rouă, temperatură menținută de izolație. Deoarece ansamblul de izolație este impermeabil la aer/vapori, problemele de condensare sunt evitate.

Instalarea unor straturi de materiale de izolație rigide sau semi-rigide precum poliestirenul extrudat (XPS) sau plăci înfoliate este una din metodele preferate de creștere a performanțelor incintei. Produse cum ar fi plăcile XPS și spuma poliuretanică cu celule închise șpreiată sunt

practic izolații impermeabile la vapori, însă numai metode de instalare care asigură continuitatea la îmbinri și etanșarea la intersecții pot face ca aceste produse să funcționeze ca un ansamblu de izolație nepermisivă în spiritul principiului de evitare a condensării. Cu toate acestea, utilizarea materialelor IIV a dus la rezultate bune în ceea ce privește controlul umidității, evidențiate printr-un număr mai mic de ore de posibil condens.

NP-EIFS (Patent US 8789329) este un sistem de izolație și finisare exterioară inventat pentru a rezolva toate problemele legate de aceste sisteme și se bazează pe principiul evitării condensului. Conceptul, materialele folosite, tehnologia de aplicare și detaliile inventate conduc la un sistem de izolație care evită complet condensarea și apa intruzivă. Materialele IIV cum ar fi XPS și spuma poliuretanică expandabilă cu celule închise sunt utilizate în combinație cu materiale de etanșare pe bază de polimeri pentru a crea un ansamblu de izolație impermeabil la apă, aer și vapori. Legăturile dintre placile IIV sunt triplu-sigilate cu spumă expandabilă și etanșant polimeric, iar intersecțiile cu alte elemente constructive sunt triplu-sigilate cu spumă expandabilă, sigilant polimeric și etanșant siliconic. Toate detaliile de intersecții, penetrații și terminații ale sistemului sunt concepute pentru a evita complet infiltrarea aerului/vaporilor, difuzia vaporilor și puntea termică, deoarece materialele IIV sunt asamblate pentru a crea un AINP care respectă principiul de evitare a condensării.

Este bine de menționat faptul că un AINP este singurul sistem de izolație care poate fi instalat ca izolație interioară, fără probleme de condensare și mușgai. Valoarea izolației încetinește fluxul de căldură în timp ce conductivitatea mare a unui perete exterior neizolat conduce fluxul rece spre suprafața interioară a ansamblului de perete, ceea ce înseamnă că, în spatele izolației aplicate la interior este o suprafață de condensare permanentă, pentru vaporii calzi din interior. Orice flux de vapori se transformă în umiditate, chiar în spatele izolației. Dacă sistemul de izolație este un AINP, vaporii nu pot ajunge în zonele cu punct de rouă și se evită condensarea. Aici se pune o întrebare: ce se întâmplă în spatele izolației dacă izolația nu "respira"? Dacă AINP este aplicat ca izolație interioară, vaporii nu pot trece prin izolație și nu există condens,

dar conductivitatea izolației permite trecerea unui mic fluxul de căldură, care va crea o presiune ușor crescută a vaporilor imediat în spatele izolației, iar vaporii vor avea tendința să se migreze. Aceasta înseamnă că aplicarea unei AINP ca izolație interioară va crea un efect de uscare a peretelui în loc de condens, acumulare de apă și mușgai.

Dacă AINP este aplicat în condiții normale în partea rece (la exterior), peretele structural acumulează căldură iar temperaturile sunt situate deasupra punctului de condensare pe întreg ansamblul de perete, prevenind astfel condensarea în întregime. Prin aplicarea acestui principiu, condensarea este complet evitată, indiferent de perspectiva termică. Evitarea condensului nu depinde de climat sau sezon, indiferent dacă este mediul exterior este rece sau fierbinte și umed; fluxul de căldură versus fluxul rece (deficit de căldură) se poate aplica invers, fără nici o schimbare pentru Separatorul de Mediu. Aceasta este singura soluție care poate fi utilizată pentru a separa mediul exterior de incinta clădirii fără interacțiunea cu apa conținută de aer sau apa pluvială, vânt, ger, caniculă.

Acestea fiind știute, Principiul Evitării Condensului constituie un punct de plecare pentru modelele de izolație care pot fi aplicate în orice situație pentru a preveni condensarea și problemele de umiditate în anvelopa construcțiilor.