



*Fig. 1*

**PRINCIPIUL EVITARII CONDENSULUI**  
**TEORIA IZOLATIILOR TERMICE NEPERMISIVE**  
**TEMPERATURA DE REFERINTA**

**DOMENIUL**

Acest brevet este pentru explicarea teoretica a proprietatii unice prin care condensul este evitat in incinte construite si alte situatii unde exista o diferenta semnificativa de temperatura si presiune a vaporilor. Intr-un material sau ansamblu termo-izolator, caldura din interior va intalni deficitul de caldura (frigul) din exterior in intervalul izolatiei termice. Daca vaporii calzi, impinsi de presiunea vaporilor nu vor ajunge in materialul/ansamblul termo-izolant, condensul este evitat. Este stabilita de asemenea temperatura de referinta fata de care in mod curent poate fii definita caldura si frigul, adica excedentul sau deficitul de caldura fata de optimul necesar existentei umane. Acest brevet este de asemenea o explicatie teoretica pentru brevetul publicat US 2011/0258944 A1, Sisteme de Izolatii Exterioare si Finisaj Ne-Permisive (NP-EIFS) Concept, Tehnologie si Detalii.

**FUNDAL**

Este bine stiut faptul ca prevenirea condensului si umezirii in incinta cladirilor este o controversa indelung dezbatuta, fara a exista o lege sau teorie care sa specifice cum poate fii evitat pe deplin condensul, indiferent de sarcinile termice si umiditate ca factori ai climatului si variatiilor de sezon. Controlul fluxului termic si prevenirea condensului sunt elemente cheie in pastrarea energiei, conservarea constructiei si satisfactia ocupantilor.

Stiinta actuala prevede reguli, reglementari si sfaturi pentru evitarea condensului dar nu specifica principii pentru evitarea deplina a producerii condensului. Situatie in care condensul este complet evitat nu este stipulata sau studiata ca o regula generala sau principiu care poate fii aplicat in practica. Bazat pe proprietatile fizice ale materialelor cum ar fii permeabilitatea (tendinta unui material de a permite trecerea vaporilor), conductia, capilaritatea etc. si configuratia incintei, tehnica actuala prevede strategii pentru evitarea condensului cum ar fii: prevenirea scaderii sub punctul de roua a unor elemente de constructie; reducerea intrarii vaporilor si cresterea posibilitatii vaporilor de a parasi elementul de constructie; plasarea izolatiei in partea rece a materialelor care reduc trecerea vaporilor; instalarea materialelor care opresc vaporii in partea calda a ansamblului; evitarea instalarii barierelor de vaporii in ambele parti ale ansamblelor si asa mai departe.

Principiul fundamental al tehnicii actuale pentru controlul apei sub forma de vaporii este de a tine apa/vaporii afara si de a lasa sa iasa daca intra, sau sa incurajeze mecanisme de uscare pe langa mecanisme de prevenire a umezirii. Acest fapt este contradictoriu, deoarece de multe ori cele mai bune strategii de a tine vaporii afara de asemenea retin apa si vaporii inauuntrul peretelui, si situatia devine mai

complicata datorita climatului si sezoanelor. In general, vaporii se misca din partea calda inspre partea rece a ansamblului de constructie. Asta inseamna ca avem nevoie de strategii diferite pentru climate diferite. De asemenea trebuie luat in considerare diferenta intre vara si iarna in aceeasi strategie, lucru oarecum imposibil.

Toate acestea conduc la intrebarea legitima:

Exista o situatie, configuratie sau ansamblu in care condensul este complet evitat, indiferent de climat sau sezon? Putem avea o regula generala care sa fie folosita ca Principiu pentru Evitarea Condensului in incintele construite si alte situatii?

Raspunsul este DA, si face obiectul acestui brevet. Principiul Evitarii Condensului poate fii formulat, inteles si folosit in proiectarea si construirea incintelor.

Utilitatea acestui principiu este evidenta.

## CUPRINS

Incinta unei constructii in general este definita ca un sistem fizic care implica trei componente interactive: mediul exterior, sistemul de inchidere cu asa-numita anvelopa termica si ambientul interior. Referitor la incinta sau anvelopa termica, care separa fizic doua medii diferite, putem stabili faptul ca doua caracteristici fizice sunt omniprezente in materialele implicate si se gasesc cu certitudine in analiza higrotermica:

Conductivitatea termica sau conductia caldurii, asociata temperaturilor prin folosirea termenilor flux cald sau flux rece [W] (fluxul rece este in fapt deficitul de energie termica fata de o temperatura de referinta) fiind o caracteristica fizica a oricarui material si variaza de la mare la sacazuta (izolatie termica). Reciproca conductivitatii termice este rezistivitatea termica. Industria de constructii face uz de unitati de masura cum sunt transmitanta termica U-value [W/m<sup>2</sup>K] si rezistenta termica R-value [m<sup>2</sup>K/W], R/U-value fiind dependente de grosimea materialului.

O alta caracteristica este permeabilitatea, adica tendinta materialului de a permite trecerea vaporilor. Caracteristica asociata este permeanta, reprezentand tendinta de difuzie a vaporilor printr-un material de o grosime specificata. Permeabilitatea variaza de la foarte permeabil la impermeabil (bariera de vaporii).

Orice sistem de perete este un element tri-dimensional constand din mai multe straturi de materiale extinzandu-se incepand cu suprafata primului strat interior pana la suprafata stratului de exterior. Daca intervin incarcari termice, conductia obliga fluxul rece (deficitul de caldura) sa intalneasca fluxul cald in masa anvelopei termice sau, fluxul rece/cald va traversa peretele de incinta, in functie de conductia materialului si intensitatea fluxului termic. Reducerea conductiei este un scop in constructia incintelor prin eficientizarea izolatiei termice, dar este stiut faptul ca transferul termic nu poate fii redus la zero, invelisul adiabatic nefiind o chestiune aplicabila in realitate. Concludent atunci cand definim izolatiile termice este termenul "retardant al caldurii" sau "rezistenta termica" neavand termenul de "impermeabil la caldura". In functie de configuratia peretelui, performantele termoizolatiei si intensitatea incarcarii termice, fluxurile termice diferite ca temperaturi asi fac conversia in campul sistemului de izolatie, conversia facanduse intr-un interval care se poate deplasa de la rece la cald. Zona de conversie se poate deplasa ori se poate extinde de la axa mediana a sistemului de izolatie pana la suprafetele exterioare, permitand transferul de caldura catre imprejurimi. Cu certitudine, punctul de roua al

vaporilor calzi nu poate fii evitat sau eliminat in masa unui perete de incinta care are rolul de a separa doua medii caracterizate prin diferente mari de temperatura, chiar daca sunt implicate izolatii termice cu valori mari ale rezistentei termice.

A doua proprietate fizica a materialului implicat este permeabilitatea la difuzia vaporilor, asociata cu alte forme de transport a vaporilor. Permeanta la vapori este o proprietate a straturilor de material putand fii descrisa ca usurinta cu care moleculele de vapori difuzeaza prin respectivul material si este definita ca fiind cantitatea de vapori pe unitatea de suprafata care va traversa o unitate de grosime sub actiunea unei unitati a diferentei de presiune. Difuzia vaporilor este miscarea umiditatii sub forma de vapori ca rezultat al diferentei de presiune (variatiia concentratiei) sau a diferentei de temperatura (gradientul termic) si deplaseaza umiditatea din zona de presiune ridicata a vaporilor spre zona cu presiune mai scazuta si de asemenea din partea calda a unui ansamblu spre partea rece. In termeni ai potentialului de a condensa, putem spune ca vaporii vor condensa ajungand in zona rece.

Prin urmare, putem stabili faptul ca intr-o anvelopa termica expusa diferentelor de temperatura, la orice rata a difuziei vaporilor se va produce condens, undeva in campul termoizolatiei sau ansamblului permeabil la vapori, respectiv in zona de conversie a fluxurilor de caldura. *Exista totusi situatia in care un perete mineral (zidarie de caramida) mediu termoizolant ce permite o difuzie foarte lenta a vaporilor sa evite condensul datorita racirii treptate a vaporilor.*

Referindu-ne la materiale cu permeanta al vapori sau ansamble permissive, miscarea vaporilor este guvernata de doua mecanisme: difuzia vaporilor si vaporii transportati de aer, ambii factori actionand independent unul fata de celalalt. Difuzia vaporilor va transporta umiditatea prin materiale si ansamble in absenta sau chiar in directia opusa unei presiuni mici a aerului, daca exista o diferenta a presiunii vaporilor sau o diferenta de temperatura. Aerul se deplaseaza de la rece spre cald impins de presiunea atmosferica pe cand vaporii difuzeaza de la cald la rece impinsi de gradientul termic. Acesta este un alt factor care impune producerea condensului in termoizolatiile sau ansamblele permeabile la vapori. Alte fenomene cum ar fii fluxul de aer, convectia, infiltratia si exfiltratia, punctile termice, atc. asociate izolatiilor sau ansamblelor permeabile la aer/vapori, de asemenea accentueaza fenomenul de condens.

Se poate da astfel o definitie a condensului in incintele construite, si anume:

Intrucat toate materialele au conductie termica, vaporii calzi transportati de presiunea vaporilor de la cald la rece vor condensa datorita intalnirii zonei reci, zona intalnita de obicei in intervalul de izolatie sau in ansamblul de perete. Mai general, intr-o incinta expusa incarcarilor termice, putem legifera faptul ca, daca vaporii se misca datorita difuziei si/sau transportului de aer, condensul se produce, undeva intre suprafata interioara si cea exterioara. Aceasta este o regula fundamentala care trebuie acceptata pentru proiectare si executie in constructii.

Obiectul acestei expuneri este de a stabili o alta regula fundamentala, de aceasta data pentru evitarea totala a condensului si eliminarea completa a acestui stres al elementelor de constructie (umezire/uscare, acumularea apei), al oamenilor care locuiesc constructia (mucegai, fungi, degradare), proiectanti si constructori.

Analizand teoretic un material termoizolant compact sau un ansamblu izolator, cele doua caracteristici fizice care duc la generarea condensului sunt conductia

termica care creaza punctul de roua in material sau ansamblu, si permeabilitatea la vapori care permite vaporilor sa difuzeze in zona rece. Categorie, fluxul termic nu poate fii stopat; fluxul rece (deficitul de energie termica) trebuie sa converteasca fluxul cald in mediul separator considerat.

Dintre cele doua fenomene fizice emergente, doar permeabilitatea la vapori poate fii stopata sau redusa, de la foarte permeabil la impermeabil. Putem preconiza faptul ca evitarea condensului este posibila doar prin reducerea difuziei vaporilor si fluxului de vapori, ca fiind singurul factor din ecuatie care poate fii redus la zero. Intrebarea este cum sa facem o lege, si chiar mai provocator, cum sa aplicam aceasta lege in practica, pentru evitarea condensului in toate situatiile incarcarilor termice variabile.

Strategiile tipice actuale implica retardanti la difuzia vaporilor, retardanti ai fluxului de aer/vapori, controlul presiunii aerului si controlul nivelului de vapori prin ventilatie si dezumidificare, prin intermediul aerului conditionat. Localizarea barierelor de aer/vapori si retardanti ai difuziei variaza in conceperea ansamblului de perete, functie de climatul pentru care este conceput, pentru a optimiza reducerea condensului. De asemenea barierele de vapori si retardantii considerati in analizele higrotermice au diferite gradiente ale permeabilitatii la vapori, de la semi-permeabile la impermeabile. Este bine stiut faptul ca o bariera completa de aer/vapori intr-un ansamblu de perete este cel mai defavorabil concept si trebuie evitat.

Pentru a diferentia in mod clar bariera de vapori fata de izolatiile termice impermeabile la vapori si pentru a diferentia teoria ca un concept general, trebuie prestabilita o terminologie adecvata. Cum pentru materiale termo-izolante compacte nu sunt prevazute definitii larg promulgate si definitive in acest sens, aceasta expunere defineste un material termo-izolant impermeabil la vapori sau care tinde la o permeanta zero, ca o termo-**Izolatie Impermeabila la Vapori (IIV)**. De asemenea, ansamble de termoizolatii impermeabile la vapori create prin asamblarea de materiale termoizolante si materiale impermeabile la vapori vor fii definite ca **Ansamble de termo-Izolatii Ne-Permissive (AI-NP)**.

Pe cale de consecinta, evitarea condensului trebuie asociata cu aceasta terminologie, ramanand ca barierele de vapori si materialele termoizolante vapor-permeabile sa fie clasificate in categoria: "gestionarea condensului". Fata de teoriile anterioare adesea pline de confuzie, si urmate de cerinte exagerate sau decizii de proiectare gresite, teoria expusa poate fii un argument solid pentru conceptie si practica, prin abordarea la modul de a avea sau a NU avea condens. Ambele terminologii, IIV si AI-NP pot fii definite pe mai departe ca Separatoare de Ambient (intre rece si cald) asociate evitarii condensului.

Aceasta teorie poate crea confuzie, deoarece bariera totala de vapori este cel mai dezavantajos lucru intr-un ansamblu termo-izolant (permeabil) pe cand termo-izolatia Impermeabila la Vapori este cea mai favorabila configuratie pentru evitarea condensului. IIV este diferita fata de bariera de vapori avand functionalitate diferita. Proprietatea fizica care face distinctia intre Izolatie Impermeabila la Vapori sau Ansamblul de termo-Izolatii Ne-Permissive si bariera de vapori este insusirea prin care IIV este material termoizolant avand zero permeanta la vapori (rata difuziei vaporilor, la o grosime specifica), de asemenea AI-NP este un ansamblu termoizolator impermeabil la vapori care indeplineste rolul de bariera de vapori si izolatie termica, pe cand o simpla bariera de vapori este doar un separator de vapori, fara un efect

asupra gradientului termic. Aceasta teorie combina si asociaza proprietatile fizice ale unui material de a fii termoizolatie si impermeabil la vapori, ca proprietati cheie in evitarea condensului.

Bariera de vapori are doua suprafete, ambele suprafete avand practic aceeasi temperatura, antr-un anumit punct al fluxului termic. Atunci cand exista o diferenta de temperatura la un anumit moment, bariera de vapori devine suprafata de condens pentru vaporii calzi, pe partea expusa fluxului de vapori.

O IIV sau AI-NP este configurata ca doua suprafete impermeabile la vapori, separate de un camp termoizolant. Daca valoarea termoizolatiei (rezistenta termica) este in conformitate cu incarcările termice, fluxul cald va trece de suprafata din partea calda a unei IIV/AI-NP iar temperatura suprafetei este mentinuta peste punctul de roua, asa incat condensul nu intervine. Fluxul cald va depasi suprafata din partea calda in campul izolatiei, convertind fluxul rece (deficitul de energie termica) in masa termoizolanta. Daca vaporii calzi din partea calda al unui separator de ambient (IIV sau AI-NP) nu vor penetra in interiorul termo-izolatie pentru a ajunge in zone reci, condensul este evitat.

Problema condensului devine mult mai simpla. Fluxul cald trebuie sa incalzeasca suprafata expusa sau ansamblul de perete in contact cu vaporii calzi, separati de mediul rece de o IIV sau AI-NP. Suprafata calda a unei IIV/AI-NP si volumele permeabile la aer/vapori din partea calda trebuie sa acumuleze suficienta caldura pentru a mentine o temperatura peste punctul de roua. Temperatura interfetei calde a unei IIV sau AI-NP trebuie sa fie in marja limitei punctului de roua dat de factori cum sunt umiditatea relativa, temperatura vaporilor, presiunea vaporilor, asa incat temperatura primei suprafete in contact cu vaporii in ansamblul de perete sa fie peste punctul de roua. Mai explicit, in partea calda a interfetei termoizolatiei temperatura este ridicata si mentinuta peste punctul de roua datorita capacitatii termoizolante a IIV/AI-NP. Elementul cheie stabilit a fii o rata zero a difuziei vaporilor, prevede faptul ca vaporii calzi impinsi de presiunea vaporilor sa nu treaca de suprafata de interfata (prima suprafata a termoizolatiei in contact cu vaporii) a partii calde a unei IIV/AI-NP. Cand valoarea izolatiei termice (rezistenta termica) este dimensionata in relatie cu incarcările termice anticipate (fluxul cald versus fluxul rece), fluxul cald converteste fluxul rece in campul termoizolatiei, dupa cum prevad proprietatile fizice de conductivitate ale materialelor termoizolante. Conversia se produce intr-o zona spatiala unde deregula apare temperatura punctului de roua in raport cu vaporii calzi, aceasta zona fiind retrasa in interiorul termoizolatiei fata de suprafata calda. Cum intr-o IIV/AI-NP se considera ca transportul de aer si difuzia vaporilor sunt complet eliminate, vaporii ating doar materiale avand temperaturi in afara punctului de roua, vaporii calzi luand contact doar cu suprafete fara posibilitate de condens.

Termenul de cald si rece este impropriu din punct de vedere stiintific. Temperatura are valori cuprinse intre zero absolut (0 °Kelvin, -273,15 °C, -459,67 °Fahrenheit etc.) si plus infinit, caldura la care se face referire este intotdeauna raportata la un sistem de referinta. Astfel devine utila adoptarea unei temperaturi de referinta pentru un anumit sistem considerat.

## TEMPERATURA DE REFERINTA

Din punct de vedere fizic si termodinamic, calculul energiei sub forma de caldura ia in considerare scara Kelvin si deci se raporteaza la zero absolut, minimul posibil al energiei termice la care se considera ca inceteaza orice miscare atomica si moleculara a materiei. Pe cale de consecinta, caldura are doar valori pozitive. Pentru mentinerea in echilibru a unui sistem este nevoie de aport sau deficit de caldura care compenseaza o lipsa de energie sau decompenseaza un excedent de energie in jurul unei valori de referinta.

Singura temperatura de referinta adoptata in mod curent, dar fara a fii considerata ca atare, este temperatura de inghet a apei pure, la presiunea atmosferica de baza, acceptata ca fiind zero grade pe scara Celsius. Scara Celsius accepta in mod formal temperaturi negative. In mod normal, o cantitate de caldura va compensa aceeasi cantitate de caldura "negativa" in valori absolute pentru a aduce un sistem la valoarea punctului de referinta 0 °C. In aparenta, scara Celsius face si prima raportare la cald si rece prin inghet si dezghet, insa in mod normal aceasta referire o fac oamenii in raport cu activitatea umana.

Fara sa luam in considerare o temperatura de referinta, putem spune ca fierul se topeste la temperaturi foarte scazute fata de atmosfera de pe Soare, unde se ating peste un milion de °K iar la polul nord este foarte cald fata de planata Pluton unde temperatura curenta este de 50 °K. Totusi, expunerea omului chiar si pentru foarte scurt timp la astfel de temperaturi devine fatala.

Apare deci necesitatea adoptarii unei temperaturi de referinta in raport cu activitatea umana, raportata la necesitatile curente ale publicului larg. Aceasta expunere propune adoptarea unei temperaturi de referinta pentru activitatea umana in valoare de 21 °C (≈70 °F) si a unui interval de referinta intre valorile de 18÷24 °C. Temperatura de 21 °C reprezinta un optim al intervalului de temperaturi de confort la care se tinde pentru desfasurarea activitatii umane, functionarea sistemelor si utilizarea materialelor.

In general, temperaturi de peste 24 °C sunt percepute ca si caldura iar temperaturi sub 18 °C sunt percepute ca si frig. Pentru oameni in general si constructori in special este un scop in sine aducerea si mentinerea mediului ambiand in intervalul de referinta mentionat. Astfel, deficitul de caldura trebuie compensat prin aport de energie termica (generarea de caldura) iar surplusul de caldura trebuie decompensat printr-un deficit de energie termica (generare de frig), astfel incat sistemul ambiental spre care se tinde sa fie mentinut in intervalul de confort sau intervalul de referinta.

Ca si definitie, putem spune ca temperatura de referinta 21 °C este temperatura fata de care, in mod curent omul simte caldura sau frigul si face posibila definirea caldurii si a frigului in acceptiunea perceptiei umane. Practic, existenta si activitatea umana se desfasoara in jurul acestei valori de temperatura si nu in raport cu zero absolut, nici macar in jurul temperaturii de inghet a apei, 0°C.

Deoarece intervalul temperaturii de referinta umana este extrem de mic in raport cu infinitatea valorilor termice, se considera justificata punctarea acestei valori prin temperatura si intervalul de referinta de 21°C ± 3°C.

Gradul zero al caldurii de referinta devine caldura aferenta sistemului cu temperatura de 21 °C (70 °F).

Fluxul cald este reprezentat de cantitatea de energie transferata sub forma de caldura de un sistem cu temperaturi mai mari decat temperatura de referinta si care compenseaza un deficit de energie termica asa incat temperatura sistemului sa fie ridicata spre intervalul de referinta.

Fluxul rece este reprezentat de deficitul de energie sub forma de caldura a unui sistem care decompenseaza transferul de energie termica fata de temperatura de referinta asa incat temperatura sistemului este coborata spre intervalul de referinta.

Alte caracteristici si avantaje ale prezentei expunerii devin mai evidente prin luarea in considerare a desenului diagramatic in care:

FIG. 1 arata schematic o vedere sectionala intr-o termoizolatie considerata a fii impermeabila la vapori (IIV ori AI-NP), expusa unor incarcari termice diferentiale, si o figurare diagramatica a temperaturilor in relatie cu punctul de roua aferent conditiilor higrotermice ale vaporilor calzi.

Considerand o incinta care separa un mediu interior de un mediu exterior printr-o termo-izolatie Impermeabila la Vaporii sau un Ansamblu termo-izolant Ne-Permisiv **5**, FIG. 1 arata in sectiune transferul de caldura de la  $T_i$  cald la  $T_e$  rece. Grosimea termoizolatiei **4** determina un coeficient R-value care confera posibilitatea fluxului cald sa "impinga" punctul de roua fata de suprafata interioara **Si** de contact cu vaporii calzi, in interiorul materialului termoizolant. Primul volum **1** al IIV/AI-NP, inclusiv suprafata interioara **Si** devine zona fara punct de roua in raport cu conditiile de condens ale vaporilor calzi  $T_i$ , **UR** (Temperatura aerului si a vaporilor din interior, Umiditatea Relativa). Fluxul cald converteste fluxul rece in zona tri-dimensionala **2** care poate fii asimilata ca fiind zona limita a punctului de roua unde vaporii calzi pot condensa, daca ajung in aceasta zona. Dupa cum este mentionat, in IIV/AI-NP vaporii nu trec de suprafata interioara (calda) **Si** fiind considerat material/ansamblu termoizolant impermeabil la vapori, asadar condensul nu se poate produce datorita neindeplinirii conditiilor de condens.

Daca materialul/ansamblul termoizolant considerat este permeabil (difuzie de vapori si/sau vapori transportati de aer), zona limita a punctului de roua **2** devine zona de condens pentru vaporii calzi care ajung in acea zona. Volumul afectat de fluxul rece **3** este considerat zona punctului de roua unde vaporii calzi cu siguranta vor condensa, daca sunt transportati in conditii de permeabilitate.

In conditiile unei rezistente termice (R-value) mari a unei IIV/AI-NP **5**, temperatura  $T_{si}$  a suprafetei interioare (calde) **Si** devine aproximativ egala cu temperatura interioara (calda)  $T_i$  a aerului/vaporilor, asa incat suprafata **Si** in contact cu vaporii calzi cu siguranta nu poate fii suprafata de condens. Suprafata interioara (calda) a unei IIV/AI-NP poate fii conceptual extinsa si asimilata cu o structura de perete, substrat sau chiar perete tip cavitate. Cat timp **Si** considerata ca volum se situeaza in marja de zona fara punct de roua **1** "protejata la frig" de termoizolatia IIV/AI-NP **5**, condensul nu intervine, chiar daca acest volum este permeabil. Un volum de perete permeabil atasat unei IIV/AI-NP cu un R-value mare poate fii considerat ca orice alt obiect din mediul cald, considerat in contextul condensului (cu conditia sa fie mentinuta temperatura de zona fara punct de roua).



Ilustrarea diagramatica **10** arata schematic variatia temperaturilor avand in vedere punctul de roua in relatie cu vaporii (calzi) din interior. Daca diferenta intre temperatura interioara (ridicata) **T<sub>i</sub>** si temperatura exterioara (scazuta) **T<sub>e</sub>** este in marje normale (Ex. **T<sub>i</sub>** = 20°C si **T<sub>e</sub>** = -10°C) temperaturile din zona fara punct de roua **1** vor scadea inspre un volum axial al IIV/AI-NP **5** unde apare zona limita a punctului de roua **2** (zona de condens) in relatie cu vaporii calzi. Daca diferenta de temperaturi este extrema (Ex. **T<sub>i</sub>** = 20°C si **T<sub>e</sub>** = -30°C) zona fara punct de roua **1** normal se micsoreaza, zona limita a punctului de roua **2** apropiindu-se de suprafata interioara **Si**. Estimarea diferentelor de temperaturi extreme este singura conditie de dimensionare a rezistivitatii termice R-value si grosimii **4** a IIV/AI-NP, asa incat zona limita a punctului de roua **2**, in conditii de temperaturi extreme, sa nu interfereze cu suprafata interioara **Si**, evitandu-se astfel ca suprafata interioara **Si** sa devina suprafata de condens.

Aceasta este singura regula care trebuie considerata, daca o termoizolatie sau sistem de perete este realizat dupa descrierea IIV/AI-NP **5**, pentru atingerea obiectivului de a evita formarea condensului.

Cerintele aparent simple pentru evitarea condensului in anvelope aer/vapor permeabile intr-un ansamblu al cladirii, dau peste cap constructorii si proiectantii, deoarece tehnicile care efectiv controleaza condensul in climatul rece devin ineficace in climate cald-umede si unvers, si cum spuneam, devine mai complicat datorita sezonelor.

Vestea buna este ca in IIV/AI-NP, care sunt conforme cu Principiul Evitarii Condensului, situatia prezentata poate fii inversata oricand, asa incat partea exterioara rece sa devina calda (sezon cald-umed) iar partea interioara calda sa fie racita de aerul conditionat (racire si controlul umiditatii), fara nici o schimbare de efect in relatie cu fenomenul de condens. Avem o simpla regula pentru IIV/AI-NP **5**, si anume ca suprafetele si vaporii in contact sa aiba temperaturi similare, in marja de zona fara punct de roua **1**, in concordanta cu caracteristicile vaporilor calzi (deobicei diferenta intre temperatura vaporilor si punctul de roua este de cca. 10°C), iar vaporii sa nu treaca de prima suprafata (suprafata de contact sau interfata) a termo-izolatiei.

Prin faptele expuse este stabilit un **Principiu** ca regula generala pentru **Evitarea Condensului**.

#### ENUNTAREA PRINCIPIULUI

Principiul Evitarii Condensului poate fii enuntat astfel:

**Atunci cand exista diferente de temperatura, iar o incinta se interpune intre temperatura ridicata din interior si temperatura scazuta din exterior (ori vice-versa), pentru a evita condensul, fluxul cald trebuie sa converteasca (neutralizeze) fluxul rece (deficitul de caldura) intr-un material sau ansamblu termoizolant fara difuziune de vapori sau orice flux de aer care transporta vapori calzi catre zone reci.**

Dupa o intelegere aprofundata a fenomenologiei si configuratiei termo-izolatiilor Impermeabile la Vaporii sau Ansamblelor termo-izolante Ne-Permissive, principiul evitarii condensului poate fii enuntat mai simplu:

**Condensul este evitat atunci cand fluxul cald converteste fluxul rece intr-o Izolatie termica Impermeabila la Vaporii (IIV) sau intr-un Ansamblu termo-izolator Ne-Permisiv (AI-NP).**

La fel ca alte dispozitive si sisteme create in trecut pe baza unor principii ulterior enuntate, in tehnica actuala exista elemente sau ansamble, cum ar fii geamul termo-pan sau panoul sandvis care respecta principiul evitarii condensului, fara ca principiul in sine sa fie enuntat sau luat in considerare. Cunoasterea acestui principiu vine ca un punct de plecare pentru proiectarea incintelor termoizolate si pentru orice situatie unde este menita evitarea condensului. Chiar daca acest brevet este unul teoretic, utilitatea sa nu poate fii ignorata.

Termenul "permisiv" include toate caile prin care scurgerile de aer/vapori afecteaza si interactioneaza cu incinta, cum ar fii: difuzia vaporilor, fluxul de aer prin peretele de incinta (etanseitatea), infiltrarea/exfiltrarea, actiunea vantului sau convectiona fortata, convectiona termoizolatiilor permeabile la aer/vapori, convectiona prin invaluire (looping convection) datorata golurilor dimprejurul termoizolatiei, absorbtia de apa si capilaritatea. In cazul termo-izolatiilor Ne-Permissive, toti acesti factori sunt eliminati, ramanand a se considera doar conductia termica si analiza fluxului termic, avand prezumtia ca problemele de condens sunt eliminate. De asemenea, valorile teoretice (in conditii de laborator)  $\lambda$ , U, R-value nu sunt afectate de reduceri drastice datorate caracteristicilor sistemelor permissive.

Dupa cum reiese in urma expunerilor, aceasta teorie este adecvata inglobarii in diverse situatii constructive. Se impune o ilustrare selectiva, asa incat intelegerea caracteristicilor de baza sa fie mai clar perceptuta.

## EXEMPLIFICARE

Un material care **partial respecta** teoria principiului evitarii condensului ca IIV este lemnul.

De exemplu, o usa exterioara din lemn avand o grosime de 5 cm (2 inch) nu prezinta condens la suprafata interioara chiar daca diferenta intre temperatura interioara si exterioara este semnificativa. Lemnul are un R-value aproximativ 1/inch, deci pentru 5 cm  $R=2$  (R american). Aceasta termoizolatie este suficienta pentru a permite suprafetei interioare (calde) sa mentina o temperatura peste punctul de roua. De asemenea, lemnul are o permeabilitate la vaporii scazuta, iar straturile protectoare (vopsea, lac) fac lemnul si mai impermeabil. Astfel, condensul este evitat iar rata umezirii din condens este nesemnificativa. Cu alte cuvinte, condensul este practic evitat, insa teoretic o mica crestere a umiditatii in lemn exista, datorita difuziei vaporilor.

*De asemenea, difuzia lenta permite racirea treptata a vaporilor, acesta fiind un alt factor de evitarea a condensului.*

O alta exemplificare este situatia in care condensul este evitat **in aparenta**.

Un perete facut din ansamble masive de materiale minerale insensibile la umezire cum sunt zidariile de caramida, fiind si mediu termoizolante, suprafata interioara si o portiune din perete sunt in zona **(1)** fara punct de roua. Vaporii calzi difuzeaza catre zona **(2)** de limita a punctului de roua, in interiorul peretelui si condenseaza. Apa de condens este acumulata in masa ansamblului de perete in sezonul rece pana la uscarea prin difuzie (evaporare) care se produce la interior sau exterior, in sezonul cald. In aparenta, principiul evitarii condensului este indeplinit deoarece la suprafata interioara nu apare condensul, peretele avand doar o mica crestere a umiditatii. In fapt, principiul evitarii condensului nu este respectat datorita difuziei vaporilor in masa peretelui, vaporii condensand in zona de limita a punctului de roua **(2)** fara insa a arata deteriorari.

*Si in cazul peretilor minerali exista posibilitatea teoretica de evitare a condensului prin traversarea lenta si racirea treptata a vaporilor. In realitate, vaporii sunt in mare parte adsorbiti in masa de zidarie. **Adsorbția** este un fenomen similar **absorbției** (atragerea moleculelor de apa de catre un corp uscat) prin care moleculele de apa sub forma de vapori sunt retinute de un corp uscat, fara a exista conditii de condens (fara punct de roua ori suprasaturatie).*

Cand sunt folosite in configuratia peretelui materiale permeabile si sensibile la umezire (ex: lemn, placaj, gips carton), deregula umiditatea acumulata excede marja tolerabila a capacitatii de acumulare a umiditatii, intervenind degradarea (mucegai, putrezire).

Este de stiut faptul ca tehnicile analitice folosite in general pentru a prevedea condensul potential si specificatiile, care ne spun ca putem evita condensul prin folosirea judicioasa si amplasarea corecta a izolatiei termice, materialelor respirante si retardante, sunt doar pentru reducerea efectelor de umezire/uscarea, acest ciclu nefiind inlaturat.

Beneficiile evitarii condensului si utilizarea integrala a coeficientilor termoizolatiei ( $\lambda$ , U, R-value) sunt posibile doar prin aplicarea principiului evitarii condensului. Incinta rezultata va demonstra rezistenta la intemperii si o buna termoizolatie, fara necesitatea prevenirii efectelor umezirii. Toate acestea sunt posibile prin inlaturarea difuziei vaporilor intr-un sistem termoizolant, sau altfel spus, ansamblul termoizolant trebuie sa reziste presiunii vaporilor.

Cea mai relevanta explicatie a unui AI-NP care **indeplineste** in practica principiul evitarii condensului este asa numitul "panou sandwich" compus dintr-un miez termoizolant impermeabil la aer/vapori sub forma de spuma poliuretanică cu celule inchise sau poliisocianurat, incasetat in tabla. Chiar mai relevant in aceasta categorie sunt panourile termoizolante vacuumate, avand un miez termoizolant de aerogel, silica-fum, fibra de sticla sau spuma cu celule deschise, avand un invelis vacuum-etans, deregula tabla sau plastic metalizat pentru mentinerea vidului. Cum este usor de inteles, ansamblul termoizolant este impermeabil la aer/vapori sau Ne-Permisiv deoarece cel puțin invelisul de tabla este o bariera totala de aer/vapori, iar prin modul cum este asamblat creaza un AI-NP. Aceste produse larg raspandite au in istoric reputatia de bune performante ca si straturi de control al transferului termic, etanseitate la aer/vapori si apa, pentru sisteme de pereti si acoperis, fara sa existe rapoarte despre probleme de condens. Folosite in regiuni cu sarcini climatice diferite

si diferente de temperaturi si parametrii higrometrici extreme, aparitia condensului pe suprafata interioara (calda) a panoului este practic imposibila, chiar daca nivelul umiditatii relative este aproape de saturatie. Explicatia este evidenta: suprafata interioara are aproximativ temperatura vaporilor din interior, rezistenta termica  $R$  a termoizolatiei mentine cu usurinta aceasta temperatura iar panoul rezista presiunii vaporilor calzi care nu difuzeaza catre zona de conversie, cu potential de condens. Alaturi de condens, etanseitatea la aer/vapori a incintelor din panouri sendvis, elimina pierderile de caldura prin infiltratie/exfiltratie (permeabilitatea la aer/vapori a anvelopei) atat pentru climate calde cat si reci,  $R$ -value se mentine la parametrii de performanta specificati ( $\lambda$ ,  $U$ ,  $R$ -value), este eliminata sursa de umezire contribuind la durabilitatea si sanatatea constructiei, toate acestea prin indeplinirea conditiilor principiului evitarii condensului (IIV/AI-NP).

In aceeasi categorie a AI-NP, si foarte convingator ca exemplificare, putem considera geamul termopan. Este bine stiut faptul ca geamul termopan obisnuit este alcatuit din doua panouri de sticla, separate de un interval de gaz inert care indeplineste rolul de izolatie termica, panourile de sticla fiind etansate de jur-impjur pentru a crea un Ansamblu termo-Izolant Ne-Permisiv complet aer/vapor impermeabil (inchis ermetic). Fluxul termic permis de geamul termopan, pe timpul unei zi reci de iarna este mult mai mare decat fluxul termic prin pereti. Un geam termopan avand transmitanta termica  $U=2 \text{ W/m}^2\text{K}$  ( $R=0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) permite trecerea de aproape cinci ori mai multa caldura intr-o zi friguroasa decat un perete de incinta izolat termic care deregula realizeaza real un  $R=2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ . De asemenea, sticla este cunoscuta ca avand cea mai propice suprafata pentru condens. Cu toate acestea, chiar si in zile foarte feci, nu se produce nici un condens pe geam. Cunoscand principiul evitarii condensului, explicatia devine simpla: fluxul cald incalzeste suprafata interioara a sticlei si ridica temperatura suprafetei de contact cu vaporii peste punctul de roua, gazul inert ca izolat termic mentine aceasta temperatura in limita fara punct de roua, si deoarece ansamblul termoizolant este impermeabil la aer/vapori, toate problemele de condens sunt evitate. Situati in care zona limita a punctului de roua **2** apare la suprafata interioara a geamului este foarte rar intalnita.

In categoria Izolatiilor termice Impermeabile la Vaporii (IIV) putem include si o gama larga de produse din spuma poliuretanică cu celule inchise. Spuma poliuretanică celule inchise formeaza prin aplicare o legatura continua si perfecta cu elementele constructiei formand o termoizolatie si bariera de aer/vapori de infiltratie, impreuna cu proprietatea fizica de a avea o foarte scazuta permeabilitate la vaporii. Suprafata incidenta in contact cu vaporii este calda, alte elemente sau suprafete in contact cu vaporii calzi sunt mentinute calde datorita proprietatilor termoizolante, iar daca vaporii nu migreaza spre zone reci cu punct de roua, condensul este evitat.

Studii comparative efectuate intre pereti tip cavitate avand aplicata la interior termoizolatie din spuma poliuretanică celule inchise si alte izolatii termice aer/vapor permissive, releva faptul ca analiza raporteaza zero ore de posibil condens pe timp de iarna pentru spuma spreziata in cavitate, comparativ cu izolatiile termice permeabile care prezinta sute de ore de potential condens pe timp de iarna.

Instalarea de straturi continue din materiale termoizolante impermeabile la vaporii, rigide si semi-rigide, cum sunt poliestirenul extrudat (XPS) sau panouri termoizolante cu fete impermeabile este una din metodele preferate pentru realizarea anvelopelor performante. Sisteme de izolatii termice dezvoltate de unele companii

folosesc spuma spreizata sau XPS, produse care reglementeaza fluxul termic, aerul, vaporii si apa de ploaie intr-un ansamblu. Produse cum sunt panourile XPS si spuma poliuretanică sunt practic elemente termoizolante impermeabile la vaporii dar numai metode de instalare care asigura continuitatea prin imbinare si sigilarea cu corpurile intersectate poate face aceste produse sa performe ca Ansamble termo-Izolante Ne-Permissive (AI-NP), in spiritul principiului evitarii condensului. Oricum, folosirea materialelor IIV pentru controlul umezirii conduc la rezultate spectaculoase, evidentiata printr-un numar mult mai mic de ore de posibil condens.

NP-EIFS (Non-Permissive Exterior Insulation and Finish Systems Concept Technology and Details; brevet publicat: US 2011/0258944 A1) este un termo-sistem inventat pentru a rezolva toate problemele asociate acestor sisteme. NP-EIFS este un termosistem bazat pe principiul evitarii condensului fara sa enunte sau chiar sa mentioneze acest fapt. Conceptul, materialele folosite, tehnologia de aplicare si detaliile prezentate conduc spre un termosistem care evita complet condensul si apa incidentala. Materiale IIV cum sunt XPS si spuma poliuretanică expandabila cu celule inchise sunt folosite in combinatie cu materiale sigilante pe baza de polimeri pentru a crea ansamblul termoizolant impermeabil la aer/vapori. Imbinarile intre panourile IIV sunt dublu sigilate cu spuma poliuretanică si materialum polimeric sigilant, iar intersectiile cu alte elemente constructive (geamuri, usi etc.) sunt izolate termic si triplu sigilate cu spuma poliuretanică, material polimeric si silicon. Toate detaliile de intersectii, penetrari si terminatii ale sistemului sunt concepute pentru a evita total infiltratiile de aer/vapori, difuzia vaporilor si punctele termice, materialele IIV fiind asamblate asa incat sa formeze AI-NP in conformitate cu principiul evitarii condensului.

NP-EIFS a fost instalat pe o facilitate experimentală din lemn si testat intr-o perioada foarte rece din luna decembrie 2010 in Chicago, US. La trei zile dupa pornirea caldurii in interior, umiditatea lemnului din structura scade de la 11% la 8%, iar senzorii instalati intre termoizolatie si substratul de OSB nu arata nici un semn de condens. Acest rezultat conduce la faptul ca NP-EIFS, instalat ca anvelopa termica creaza singurul sistem de perete care se usuca in sezonul rece, toate celelalte sisteme de perete permeabile la vaporii acumuland umiditate. NP-EIFS conserva structura, pe cand sistemele de izolatii termice permeabile asociate ciclurilor de umezire-uscarea conduc la mucegai si degradare. In verile calde si umede din Atlanta US, umiditatea structurii din lemn a aceleiasi facilitati experimentale ramane constanta.

Este de mentionat faptul ca AI-NP este singurul concept care poate fii instalat ca izolatie termica la interior, fara a avea probleme de condens si mucegai. Rezistenta termica (R-value) a izolatiei termice retine fluxul de caldura pe cand conductivitatea termica a peretelui exterior slab izolator termic conduce fluxul rece spre suprafata interioara a peretelui (suprafata din spatele izolatiei termice), asa incat in spatele termoizolatiei aplicate la interior se regaseste un permanent punct de roua pentru vaporii calzi din interior. Astfel, orice flux de vaporii duce la condens, chiar in spatele termoizolatiei. Daca sistemul de termoizolatie este AI-NP, vaporii nu ajung in zona rece cu punct de roua, condensul fiind evitat.

Apare intrebarea: ce se intampla in spatele termoizolatiei daca aceasta "nu respira"?

Daca AI-NP este aplicat ca izolatia termica interioara, vaporii nu trec de izolatia termica si nu va exista condens, dar conductivitatea termica a termoizolatiei permite totusi trecerea unui flux redus de caldura care va crea o presiune a vaporilor usor pozitiva imediat in spatele termoizolatiei, iar vaporii vor avea tendinta de a migra spre zona rece. Asta inseamna ca aplicand un AI-NP ca izolatia termica la interior, peretele se va usca, in loc sa acumuleze apa din condens.

Daca AI-NP este aplicat cum este normal, in partea rece, peretele acumuleaza caldura iar temperatura este mentinuta peste punctul de roua in tot ansamblul peretelui, asa incat condensul nu intervine. Aplicarea in practica a NP-EIFS releva faptul ca peretii se usuca unidirectional la interior, eliminandu-se toete problemele peretilor actuali.

Aplicarea conceptului principiului evitarii condensului elimina condensul in ambele sensuri indiferent de perspectiva climatica si termica (variatiile climatice, sezoniere, zi-noapte, aporturile solare, umbrire, umiditate, vant etc.), fiind singura solutie infailibila de a separa doua ambiente, fara a avea stresul condensului.

Este bine de stiut faptul ca, acolo unde vaporii sunt opriti, apa nu are nici o sansa. Asta inseamna ca izolatiile termice Ne-Permissive pot avea de asemenea utilitate ca hidroizolatii.

Dupa cum este evident in urma expunerii, principiul evitarii condensului poate fii inglobat in variate enuntari si formulari cu particularitati diferite fata de cele descrise si enuntate in acest brevet. Pentru acest motiv, trebuie inteles pe deplin faptul ca toate cele de mai sus au caracter ilustrativ si nu trebuie interpretate in mod restrictiv sau ca limitare a principiului, exceptand particularitatea ideii de principiu, ca noutate adusa de autor.