

MIC ÎNDRUMAR PENTRU STUDIUL UMIDITĂȚII ÎN CLĂDIRI (I)

Introducere

Abordarea restaurării unui monument istoric necesită o serie de studii și cercetări preliminare din punct de vedere arheologic, istoric, arhitectural și ingineresc. Acolo unde există umiditate, se va elabora o expertiză care să indice soluții viabile pentru eliminarea acesteia. Articolul de față urmărește să ofere celor interesați câteva noțiuni absolut necesare abordării acestei probleme.

CAPITOLUL I: PROVENIENȚA UMIDITĂȚII — TIPURI DE UMIDITATE

Umiditatea se poate afla în materialele de construcții sub formă de:

- apă legată chimic care nu dăunează echilibrului construcției cît timp nu este în mișcare.
- apă absorbită în faza de vapori direct din atmosferă sau în faza lichidă sub formă de condens.
- apă infiltrată prin fisuri sau neetanșei-tăți.
- apă capilară.

De aici se pot deduce tipurile de umiditate din construcții.

1.1. Umiditatea din capilaritate

Capilaritatea se datorește unor forțe care se dezvoltă la suprafața de separație a unui lichid cu un alt lichid, solid sau gaz. Expresia matematică a înălțimii ascensiunii lichidului într-un tub capilar a fost stabilită în anul 1718 de englezul Yurin. (fig. 1)

Condiția care se scrie, stabilește echilibrarea de către forțele tensiunii superficiale a greutateii coloanei de lichid.

$$2\pi r\sigma = \pi r^2 h_c \gamma$$

$$h_c = \frac{2\sigma}{r\gamma}$$

unde

— σ — tensiunea superficială a lichidului
($\sigma = 0,075 \text{ N/m}$ pentru apă)

— γ — greutatea specifică a lichidului

— r — raza tubului capilar

Înălțimea ascensiunii într-un capilar este invers proporțională cu raza capilarului. Într-un capilar cu diametrul de 2 microni, apa poate urca pînă la 15 m înălțime, pe cînd într-un capilar cu diametrul de 5 mm urcă doar pînă la 3 mm.

Apa pătrunde în zidărie, în general, prin zona fundațiilor și se evaporă la suprafața liberă a zidurilor. Mecanismul este prezentat în figura de mai jos (fig 2)

— suprafața de intrare a

apei = $(2t+b)xa$

— suprafața de evaporare = $2h.a$

Fig. 1

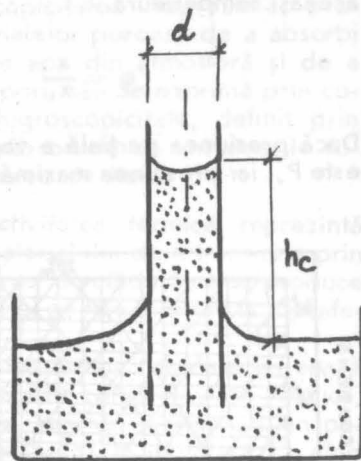
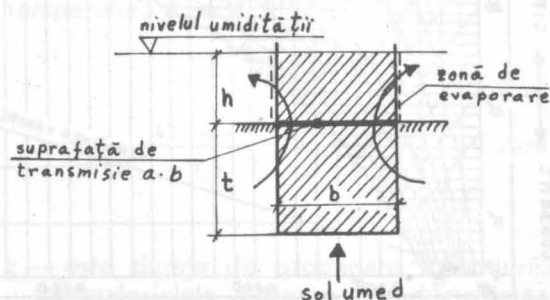


Fig. 2



Echilibrul între cantitatea de apă pătrunsă prin capilaritate și apa evaporată depinde de mai mulți parametri, printre care: porozitatea zidăriei și a tencuielii, tensiunea superficială a apei, suprafața de evaporare, condițiile climatice etc.

Apa pătrunsă prin capilaritate în zidărie provine fie din pînza freatică, fie din ape de suprafață ce stagnează în zona fundațiilor deasupra unui strat impermeabil din sol.

1.2. Umiditatea din condens

Aerul conține, pe lângă componentele gazeoase, praf și vapori de apă. Cantitatea de apă din aerul atmosferic se exprimă în:

— presiunea parțială a vaporilor de apă p_v căreia îi corespunde o anumită cantitate de vapori.

— grame de vapori de apă pe kg de aer uscat (x), care se numește umiditate absolută.

Conținutul de vapori de apă este maxim (x_s) atunci cînd presiunea este p_s — presiunea de saturație.

Ținînd seama de cele de mai sus, se definește umiditatea relativă φ ca raportul dintre umiditatea absolută la o temperatură oarecare și umiditatea absolută maximă la aceeași temperatură.

$$\varphi = \frac{x}{x_s}$$

Dacă presiunea parțială a vaporilor de apă este P_v , iar presiunea maximă a vaporilor de

apă, la aceeași temperatură, este p_s (aerul este saturat aflîndu-se la o presiune de saturație), atunci rezultă

$$\varphi = \frac{p_v}{p_s}$$

Pentru ușurarea calculelor cu aer umed și reprezentarea grafică a proceselor de transformare a mărimilor de stare ale acestuia, se utilizează diagrama $i - x$ trasată de Mollier și redată în figura de mai jos. În această diagramă se regăsește în ordonată entalpia, iar în abscisă conținutul de apă x (fig. 3)

La o temperatură dată, conținutul de umiditate maxim corespunde saturației aerului. Temperatura pînă la care trebuie răcit aerul umed, astfel încît să fie complet saturat, se numește punct de rouă. Dacă se răcește aerul sub temperatura punctului de rouă, vaporii de apă condensează.

Deci factorii principali care influențează apariția condensului sînt: temperatura aerului interior, temperatura pereților și cantitatea de vapori de apă din aer.

Cauzele care duc la formarea vaporilor de apă în interiorul clădirilor sînt:

— creșterea cantității de vapori în interior în timpul circulației pe uși sau a aerisirilor, ca urmare a existenței unui aer foarte umed în exterior

— folosirea îndelungată a aparatelor de ardere cu flacără deschisă

— afluxul de persoane

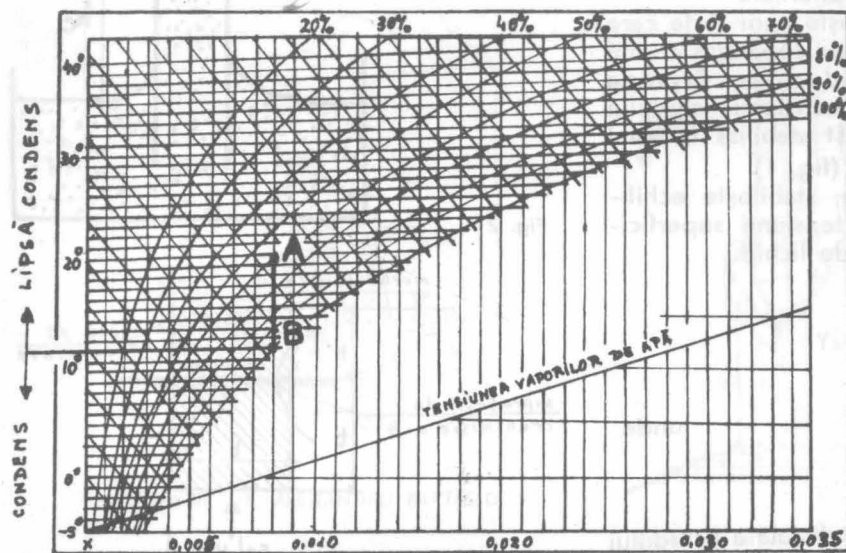


Fig. 3

— insuficiența izolare termică a clădirii

1.3. Umiditate provenită din acțiunea combinată a precipitațiilor și vântului.

Apa de ploaie poate acționa direct asupra clădirii prin:

— fisurile apărute în tencuială ca urmare a cutremurelor sau a unor cedări de fundații

— desprinderi între materiale cu caracteristici diferite (între structură și timplărie de exemplu)

— degradarea liantului zidăriei

— degradări ale tencuielilor fie din cauza unei compoziții greșite a mortarului, fie aderenței insuficiente cu suportul (zidăria). Compoziția tencuielii are un rol fundamental pentru protecția zidăriei și trebuie amintit, în acest sens, că tencuiala are rolul să permită evaporarea apei, deci o tencuială impermeabilă poate produce grave inconveniente.

Indiferent care ar fi cauza, o infiltrație directă a apei de ploaie poate apărea la orice nivel al clădirii, dar afectează în general doar o parte a acesteia, cea expusă ploii batante.

Manifestările umidității datorate precipitațiilor atmosferice sînt intermitente — mult accentuate după ploaie, dispar adesea după o perioadă de timp călduros.

Procentele de umiditate măsurate în diferite puncte ale fațadei expuse, descresc în grosimea zidului de la exterior spre interior.

CAPITOLUL. II. CARACTERISTICI ALE MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII

11.1. Porozitatea reprezintă gradul de umplere a volumului materialului poros.

Porozitatea aparentă (deschisă) reprezintă volumul porilor deschiși din unitatea de volum a materialului și se determină prin diferența dintre greutatea materialului saturat cu apă (G_2) și greutatea materialului uscat (G_1) raportată la greutatea materialului uscat

$$P_a = \frac{G_2 - G_1}{G_1} \times 100\%$$

11.2. Umiditate materialului (W) reprezintă conținutul procentual de apă în greutate și se determină de obicei prin diferența dintre greutatea materialului umed (g_2) și gre-

utatea materialului uscat (g_1) raportată la greutatea materialului umed (umiditate relativă), sau la greutatea materialului uscat (umiditate absolută) exprimată în procente

$$W_r = \frac{g_2 - g_1}{g_2} \times 100\%;$$

$$W_a = \frac{g_2 - g_1}{g_1} \times 100\%$$

11.3. Absorția de apă reprezintă gradul de umplere cu apă al materialului, cufundat în apă în anumite condiții de încercare.

Ea se determină prin diferența dintre greutatea materialului saturat cu apă (G_s) și greutatea lui în stare absolut uscată (G_u) raportată la greutatea materialului uscat. Absorția de apă la saturația completă a materialului devine egală cu porozitatea lui aparentă.

11.4. Higroscopicitatea reprezintă proprietatea materialelor poroase de a absorbi prin capilaritate apa din atmosferă și de a o condensa în porii săi. Se exprimă prin coeficientul de higroscopicitate, definit prin greutatea apei absorbite de unitatea de suprafață, în unitatea de timp.

11.5. Conductivitatea termică reprezintă proprietatea materialului de a transmite prin grosimea lui fluxul de căldură ce se produce datorită diferenței de temperatură la suprafețele sale.

Conductivitatea termică se caracterizează prin coeficientul de conductivitate termică, definit pentru un perete omogen, plan paralel cu grosimea (a) și de suprafață (F), cînd între fețele lui opuse există o diferență de temperatură $t_1 - t_2$ ($t_1 - t_2$) prin

$$\Lambda = \frac{Q \cdot a}{F(t_1 - t_2) \cdot Z} \text{ [w. m}^{-1}\text{k}^{-1}\text{]} \text{ în care}$$

z — este durata de propagare a căldurii.

La materialele poroase, conductivitatea

termică scade cu porozitatea (aerul este mai rău conducător de căldură decît materialul ai cărui pori îi umple), crește cu umiditatea materialului (apa este mai bună conducătoare de căldură decît aerul), depinde de temperaturile medii la care se produce transmisia de căldură și de densitatea aparentă a materialului

11.6. Difuziunea termică (d) caracterizează capacitatea materialului de a uniformiza temperatura în regim termic variabil pentru un material cu o anumită densitate (ρ), căldură specifică (c) și conductivitate termică (λ). Expresia ei matematică este:

$$d = \frac{\lambda}{c \rho} [m^2/s]$$

Inversul difuziunii termice reprezintă inerția termică a materialului.

11.7. Adsorbția reprezintă procesul de formare a unui strat, de obicei monomolecular, de particule din faza gazoasă sau lichidă, pe interfața solid-lichid, solid-gaz, lichid-gaz sau lichid-lichid.

Adsorbția la limita solid-gaz, deci cantitatea de gaz adsorbită de o anumită cantitate de adsorbant solid, depinde de natura gazului și de condițiile (presiunea, temperatura) în care decurge procesul de adsorbție.

Existența, în condiții normale de temperatură și presiune, a unui strat adsorbit din moleculele componentilor gazoși ai atmosferei, pe suprafața oricărui solid, modifică unele proprietăți fizico-mecanice ale solidului.

Adsorbția gazelor de către corpurile poroase, produce o creștere de volum a solidelor, care duce la fisurarea suprafeței solidului, mai ales dacă presiunea vaporilor din mediul înconjurător crește brusc.

Adsorbția la interfața solid-lichid depinde de mărimea suprafeței specifice a solidului. Dacă un solid poros vine în contact cu un lichid, are loc umflarea solidului, care depinde de natura suprafeței adsorbantului și de structura sa.

11.8. Chemosorbția este o sorbție fizică însoțită de o reacție chimică de suprafață între moleculele adsorbite și cele mai active particule din suprafața solidului, cu formarea de compuși chimici de suprafață.

— cărămida galbenă ușoară, mortarul de var sînt materiale care absorb, prin afinitate cele mai mari cantități de apă (30—32% din volumul lor)

— dintre materialele studiate, cărămida galbenă ușoară are cea mai mare viteză de absorbție prin afinitate. Absorbția la cărămida roșie este de aproximativ două ori mai lentă, iar a mortarului de var și nisip — de patru ori.

Absorbția prin afinitate este de zece ori mai lentă la mortarul de ciment decît la mortarul de var.

— în general, dacă se compară comportamentul cărămizilor cu al mortarelor, se observă că mortarul absoarbe apa mai lent (are inerție) și de aceea, pentru așanarea ra-

11.9. Electroforeza constă în deplasarea în câmp electric a particulelor coloidale, la stabilirea unei diferențe de potențial între doi electrozi introduși în soluție.

11.10. Electroosmoza constă în deplasarea mediului de dispersie, prin capilarele sau porii membranei semipermeabile, sub influența unei diferențe de potențial electric.

Prin experiențele de laborator făcute în decursul timpului s-a urmărit determinarea următoarelor caracteristici:

a) cantitatea de apă absorbită de un eșanțion introdus complet în lichid

b) viteza de evaporare a apei de pe eșanționul scos din imersie

c) procentul volumetric și masic de apă absorbită în emersie (parte inferioară a eșanționului cufundată în apă) numit coeficient de afinitate

e) cantitatea de apă absorbită într-un timp dat printr-o anumită suprafață — putere de afinitate

lață cîteva din rezultatele practice relevate prin experimentări

— cantitatea de apă pe care o absoarbe un material imersat și cea pe care o absoarbe prin afinitate (în parte scufundat) sînt identice în cazul cărămizilor și diferite în cazul materialelor naturale poroase cum sînt gresia, tuful, a căror capacitate de absorbție este mai mare în imersie decît în emersie.

— cei mai buni «conducători» de apă sînt: cărămizile ușoare, calcarul moale, tuful, mortarul de var, adică toate materialele cu rezistență termică mare. Materialele alveolare (travertinul) nu absorb apa prin afinitate. Alte materiale coezive care nu absorb apa sînt: granitul, marmura, bazaltul

— cărămida galbenă ușoară, mortarul de var sînt materiale care absorb, prin afinitate cele mai mari cantități de apă (30—32% din volumul lor)

— dintre materialele studiate, cărămida galbenă ușoară are cea mai mare viteză de absorbție prin afinitate. Absorbția la cărămida roșie este de aproximativ două ori mai lentă, iar a mortarului de var și nisip — de patru ori.

Absorbția prin afinitate este de zece ori mai lentă la mortarul de ciment decît la mortarul de var.

— în general, dacă se compară comportamentul cărămizilor cu al mortarelor, se observă că mortarul absoarbe apa mai lent (are inerție) și de aceea, pentru asanarea rapidă a zidurilor umede din cărămidă, se recomandă decopertarea tencuielilor

— în funcție de coeficientul de afinitate, zidurile din materiale diferite, aflate în contact cu apa se umidifică mai mult sau mai puțin repede

— materiale diferite, conținînd procente ridicate de umiditate, altfel spus saturate, degajă prin evaporare cantități de apă aproape identice printr-o suprafață dată.

La procente reduse de conținut de umiditate, evaporarea variază în funcție de natura materialului deoarece evaporarea totală tinde să devină proporțională cu viteza de absorbție prin afinitate a materialului uscat.

— celelalte condiții rămînînd identice, acțiunea vîntului cu viteza de 8 km/h crește de 3—5 ori evaporarea superficială a unui zid umed.

Insolația nu este la fel de eficace, ea duce la creșterea evaporării de 2—3 ori

— cu cît evaporarea superficială este mai mare, cu atît mai mare va fi și cantitatea de apă absorbită prin fundații

— mortarele de var absorb, după Möller și Kreuger 45 g/h, pe cînd mortarele de ciment numai 3,1 g/h. În schimb, apa se evaporă mai repede dintr-un mortar de var decît dintr-unul de ciment, după cum și absorbția este mai rapidă într-un mortar de var în comparație cu unul de ciment

— Schule a examinat pereții obișnuiți de zidărie, delimitînd camere cu umiditate interioară redusă și a constatat că umiditatea

absorbită de diferite straturi a fost după cum urmează: mortarul exterior: 11,7% zidăria: 0,7% și mortarul interior: 1,7%.

— cantitatea de apă din ziduri poate atinge și chiar depăși 300 kg/mc.

Un aspect important îl constituie structura solului în funcție de care apa capilară poate atinge diferite înălțimi. (fig. 4)

CAPITOLUL III. UMIDITATEA REALĂ, FORMELE APARENTE SUB CARE SE MANIFESTĂ ȘI SEMNIFICAȚIA LOR

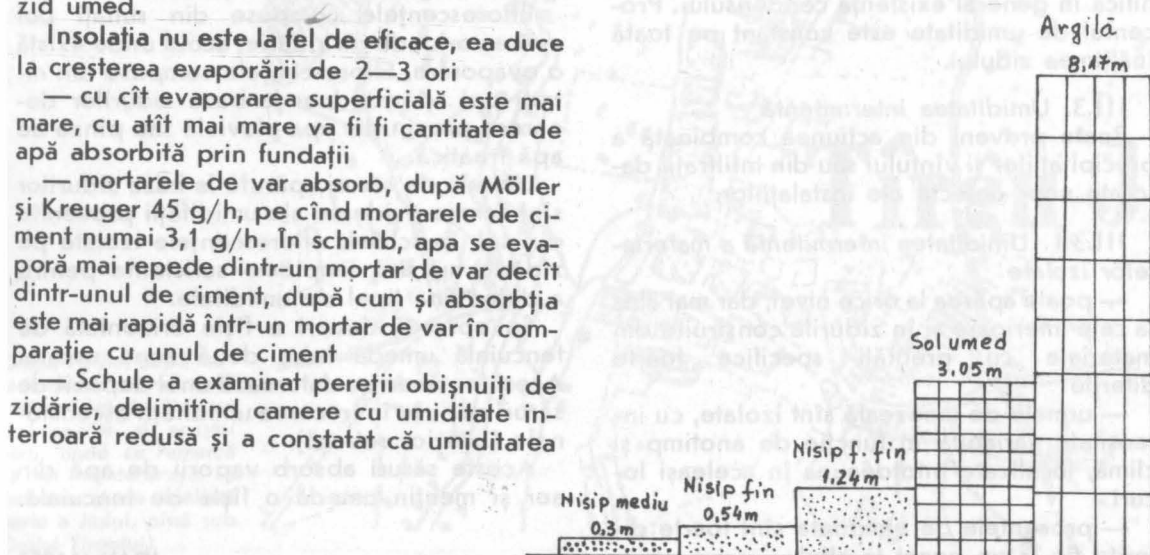
Umiditatea, indiferent de tipul său (capilaritate, condens, infiltrații), se manifestă aparent sub formă de urme (pete) sau degradări ale tencuielii sau zidăriei.

III.1. Umiditatea ascendentă (din capilaritate) apare în special la parter sau subsol și nu urcă la mai mult de 3 m înălțime. Urmele ce apar pe tencuială sînt alungite, cu franjuri și mai mult rectilinii. Prezența urmelor pronunțate, de intensitate constantă, pe pardoseală este de asemenea dovada unei umidități ascensionale.

Aceasta are ca efect suplimentar adumbrirea zidurilor pînă la o înălțime determinată și constantă.

Deteriorarea tencuielii în zona superioară, la limita umed-uscat, este de asemenea dovada existenței umidității ascensionale.

Se disting două cazuri în funcție de proveniența umidității ascensionale: din pînza de apă freatică sau din pînze de apă superficiale.



a) **Caracteristici ale umidității ascensionale** provenite din pînza de apă freatică

— este uniformă în toate zidurile dacă acestea sînt alcătuite din același material

— atinge o înălțime maximă pe fațadele de nord și nord-est și minimă în zonele în-sorite

— afectează similar clădirile dintr-o zonă datînd din aceeași epocă și construite din aceleași materiale

— înălțimea umidității în zidărie este aceeași tot timpul anului.

b) **Caracteristici ale umidității provenind din pînzele de apă superficiale datorate pierderilor de apă din instalații sau apelor pluviale stagnante**

— urmele de umezeală apar în anumite părți ale clădirii

— nu afectează decît o singură clădire sau un grup limitat de construcții apropiate unele de altele

— prezintă în timp oscilații ale înălțimii zonelor umede.

III.2. Umiditate din condens

Umiditatea din condens este temporară. Acolo unde apare iarna, dispare vara și invers. Ea apare doar superficial, în tencuială. Umiditatea din condens, care apare primăvara și vara, se observă la clădirile cu inerție termică mare, mai ales în camerele puțin în-sorite și neîncălzite iarna. Urmele ce apar sînt sub forma unui film uniform și foarte fin, neavînd contururi definite.

Degradarea ușoară a tencuielii în partea inferioară a zidului, aproape de plintă, semnifică în general existența condensului. Procentul de umiditate este constant pe toată înălțimea zidului.

III.3. Umiditatea intermitentă

Poate proveni din acțiunea combinată a precipitațiilor și vîntului sau din infiltrații datorate unor defecte ale instalațiilor.

III.3.1. Umiditatea intermitentă a materialelor izolate

— poate apărea la orice nivel, dar mai ales la cele inferioare și în zidurile construite din materiale cu greutatea specifice foarte diferite

— urmele de umezeală sînt izolate, cu intensitate variabilă în funcție de anotimp și climă, localizate întotdeauna în aceleași locuri

— procente de umiditate sînt foarte diferite de la un punct la altul.

III.3.2. Umiditatea din infiltrații

— poate apărea la orice nivel și, mai ales, în ziduri cu grosimi reduse

— în general, după ploi, apar urme accentuate, neregulate; în anumite cazuri apare o peliculă fină, acoperind tot peretele interior

— urmele circulare însoțite de aureolă prezintă semnele dinstincte ale apei de infiltrație (punctuale) datorate unor defecte ale instalațiilor sanitare sau de încălzire.

— procentul de umiditate este foarte diferit de la un punct la altul.

Infiltrațiile de apă în zidărie, ca și capilaritatea tind să transporte săruri provenite din atmosferă, din interiorul zidăriei sau din teren.

Cînd apa se evaporă, aceste săruri se depun în capilare sau sînt transportate pe parament și cristalizează. Sărurile au proprietatea de a-și mări volumul prin cristalizare.

Cristalizarea poate fi internă sau externă zidăriei. Dacă este exterioară zidăriei, eflorescențele de săruri nu creează daune importante (pot produce degradări superficiale ale materialelor mai slabe); în schimb, dacă se produc în interiorul zidăriei, pot determina desprinderea tencuielii exterioare.

Sărurile care sînt adesea la originea acestor fenomene:

— sulfat de sodiu, de potasiu sau de calciu care se află în materialele de construcție

— nitratii de sodiu, de potasiu sau de calciu care se află în sol (mai ales dacă lîngă clădire există o canalizare defectă — o descărcare organică) sau în apa freatică.

Eflorescențele compuse din sulfați pot apărea oriunde pe zidărie, acolo unde există o evaporare. Eflorescențele compuse din nitrati pot apărea doar la baza zidurilor deoarece provin din apa pluvială sau pînza de apă freatică.

Urmele de săruri apărute la baza zidurilor sînt semne evidente ale umidității provenite din sol, în schimb eflorescențele izolate pe zidărie nu sînt simptome suficiente pentru a determina tipul de umiditate.

Se observă uneori o fișie orizontală de tencuială umedă între două zone uscate. Acest fenomen se datorează unui depozit de săruri depuse în trecerea umidității ascensionale (ulterior retrasă).

Aceste săruri absorb vaporii de apă din aer și mențin umedă o fișie de tencuială.