



Ekonomikas ministrija



Klimata un enerģētikas ministrija



LATVIJAS BŪVINĒNIEKU SAVIENĪBA



Līdzfinansē Eiropas Savienība



2027 Nacionālais attīstības plāns



DZĪVO SILTĀK



energoefektīvākā ēka Latvijā



Tehnika dzīvei



SAINT-GOBAIN



Viltīgais ūdens, pelējums un citas nepatīkšanas



Andris Jakovičs, Latvijas Universitātes Skaitliskās modelēšanas institūta Multifizikālo procesu laboratorijas vadītājs

Attēli no autora arhīva

Pārsteidz Patērētāju tiesību aizsardzības centra (PTAC) aktuālā ziņa, ka neatbilstību testēšanā 2019.–2023. gadā no 22 logiem, kam pārbaudīta siltuma caurlaidība U_w , neatbilstība deklarētajām vērtībām konstatēta 16 logiem, t. i., 73 %.

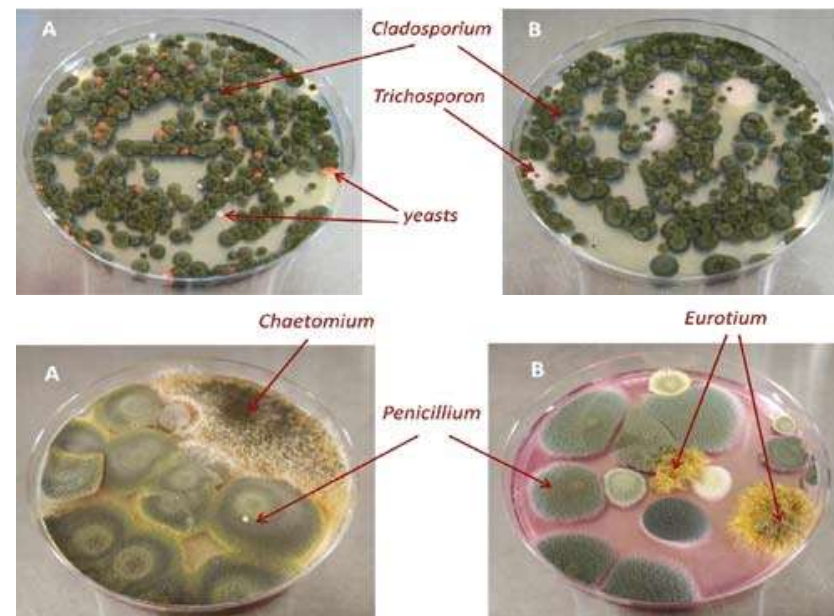
Bet 34 logu ūdens caurlaidības u. c. parametru pārbaudē noteikts, ka mazāk nekā puse (47 %) ir atbilstoši ražotāja specifikētajiem parametriem...

Tomēr nepatīkšanas būvniekam un patērētājam var *piezagtis* arī citos veidos. Pamatoti valda priekšstats, ka Vācijā būvniecības noteikumi un inženierisrīnājumi industrijā kopu-

mā ir detalizēti izstrādāti un var kalpot par paraugu citām valstīm. Par to liecina arī zināmais, ka daudzi Eiropas standarti (apzīmē saīsināti ar EN) ir veidojušies uz Vācijas standartu DIN (*Deutsches Institut für Normung*) bāzes un joprojām tiek rūpīgi *kopti*; nedaudz par standartizāciju lasāms arī *Būvzinātnes* šā gada februāra numurā (Nr. 96).

Konstrukciju īpašības, ilgtspēja un dzīves vides kvalitāte

Te piemērs no mana Vācijas kolēģa privātmājas būvniecības pieredzes Vidusvācijas zemienē. Esošie ģeoloģiskās kartēšanas dati par gruntsūdeņu līmeni būvniecības rajonā nerādīja bažas, ka ēkai nevarētu izbūvēt pagrab-

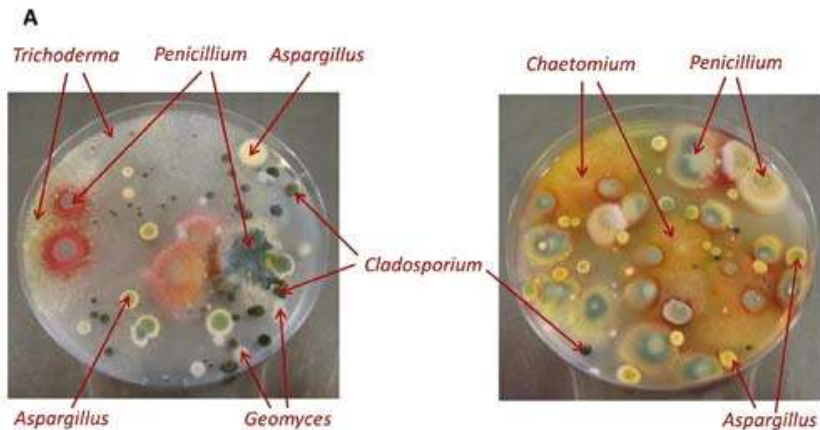


Tipiskas sēnīšu kolonijas no ilgstoši mitrumā bijušas minerālvates siltuma izolācijas.

stāvu. Tomēr, veicot darbus, izbūvētajā pagrabā parādījās mitrums. Detalizēta izpēte liecināja, ka ēka neveiksmīgi atrodas uz ģeoloģisko slāņu lūzuma robežas, kur māla sprosts slānis nodala zonas ar zemu un daudz augstāku gruntsūdeņu līmeni. Protams, tad tika veikti

iespējamie papildu hidroizolācijas darbi, bet ēkas pagrabstāva padziļinājumā joprojām sezonāli automātiski iedarbojas sūknis uzkrātā ūdens aizvadišanai.

Vai līdzīgi cēloņi ir arī Latvijas medijos plaši izskanējušajai ziņai par mitrumu un



1. attēls. No būvkonstrukciju virsmām ar pelējumu iegūtu nomazgājumu standartizētos apstākļos uz agara pamatnes audzētas sēnīšu kolonijas.



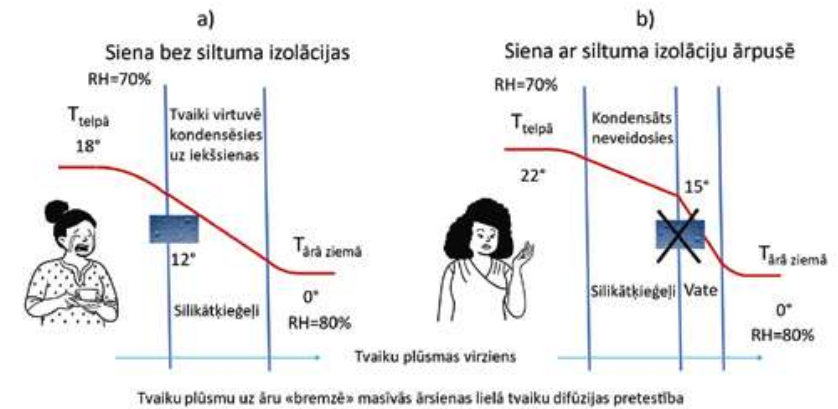
2. attēls. Kokskaidu vates siltuma izolācija bēniņos ar pelējumu pēc to nosedzošā saplākšņa noņemšanas.

pelējumu slimnīcas ēkas jaunbūves pagrabtelpās? Vai bija kļūdas apstākļu priekšizpētē, vai neatbilstošas bija materiālu hidrotehniskās īpašības, vai arī projektā paredzētie materiāli būvniecības gaitā tika aizvietoti ar citiem? Gribas cerēt, ka neveiksme nav tik fundamentāla, lai iespējamās būvtechnoloģiju kļūmes vai materiālu ar nepiemērotām īpašībām izvēli nevarētu labot. Te uzreiz jānorāda, ka ūdens caur būvkonstrukcijām var pārvietoties gan šķidrā fāzē, gan arī ūdens tvaiku veidā: pirmajā gadījumā runājam par ūdens caurlaidību un hidroizolāciju, bet otrajā – par ūdens tvaiku caurlaidību un prettvaiku *barjerām*. Zināms, ka ūdens klātbūtne būvkon-

strukcijās būtiski ietekmē daudzas svarīgas šo konstrukciju īpašības, to ilgtspēju un arī dzīves vides kvalitāti.

Palielinoties ūdens daudzumam,
 ● siltuma vadītspēja no tradicionālas poraina izolācijas materiālu vērtības 0,03–0,04 W/(m·K) var pieaugt ekstremāli pat līdz 10 reizēm, t. i., izolācija praktiski zaudē savu pamatfunkciju;

● siltuma izolācijā ļoti būtiski pieaug tā svars, piemēram, minerālvatei no 100 kg/m³ līdz pat 1000 kg/m³ iedomātā ekstremālā situācijā, ja visu siltuma izolācijas tilpumu aizpildījis ūdens; – griestu konstrukcija šādas slodzes nevarētu izturēt;

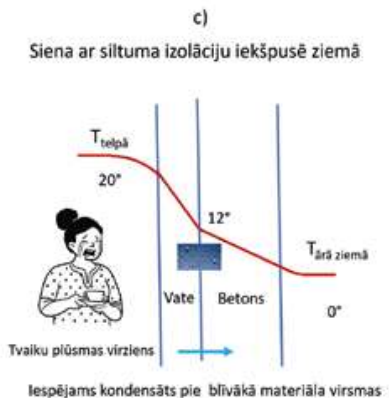


3. attēls. Ūdens tvaiku plūsma caur ārsienu un kondensāta veidošanās riski ziemas apstākļos: A) ārsiena ar lielu siltuma caurlaidību – $U \sim 1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$; B) no ārpusē siltināta ārsiena; C) no iekšpusē (bez tvaiku *barjeras*) siltināta ārsiena.

● pieaug pelējuma sēnīšu augšanas riski – pie ilgstoša relatīvā gaisa mitruma konstrukcijā vai uz tās virsmas virs 70 % un pozitīvā temperatūrā attīstīsies dažādu krāsu pelējums (1. attēls). Akmens un betons ir mazāk jutīgi pret šo *kaimiņu*, taču bioloģiskas izcelsmes materiāli, piemēram, koka konstrukcijas, ir laba vide sēnīšu augšanai (2. attēls), un tā saucamā trupe koku var sabojāt neatgriezeniski jau dažos gados. Šādos apstākļos, neapšaubāmi, aug riski arī cilvēku veselībai un labsajūti.

Ūdens tvaiku caurlaidība – svarīgs būvmateriālu raksturlielums

Ūdens tvaiki gaisā ap mums ir vienmēr – paši ar savu izelpu vidēji diennaktī gaisā *izmetam* 0,3–0,5 litrus ūdens. Telpās ļoti būtisks ūdens tvaiku avots var būt ēdiena gatavošana, bet ārtelpā to nosaka meteoroloģiskie apstākļi. Pierastais gaisa relatīvā mitruma mērījums procentos savā ziņā var būt maldinošs – tas gan parāda, cik tuvu piesātinājuma stāvoklim un kondensācijai (100 %) ūdens tvaiki esošajā temperatūrā ir, bet tieši neko nepasaka par



absolūto ūdens daudzumu gaisā (g/m³). Piemēram, ja ziemā telpā gaisa relatīvais mitrums pie 22 °C ir 50 %, bet ārā pie 0 °C relatīvais mitrums ir daudz lielāks – 90 % –, tad telpas gaisa kubikmetrā ūdens ir 10 g/m³ jeb vismaz divas reizes vairāk nekā ārā, kur šis skaitlis attiecīgi ir 4 g/m³. Šī starpība nosaka tvaiku parciālo spiedienu un *vēlmi* pārvietoties no vietas ar lielāku spiedienu uz vietu, kur spiediens mazāks (skat. 3. attēlu). Ja būvkonstrukcijām ir liela siltuma caurlaidība, tad iespējams ievērojams temperatūras kritums uz to virsmām (it sevišķi tur, kur kāvēta gaisa apmaņa, piemēram, ārējos stūros

un aiz mēbelēm), un pat pie akceptējama gaisa mitruma telpā (optimālais relatīvā mitruma diapazons no 40 līdz 60 %) tur iespējama pelējuma augšana un pat kondensāta veidošanās; sk. 3. attēlu (A).

Lai samazinātu apkures rēķinus, šādas telpas bieži netiek arī pietiekami ventilētas, t. i., netiek pievadīts aukstais āra gaiss ar mazāku absolūto mitrumu, un ūdens tvaiku līmenis gaisā saglabājas nevēlami augsts. Protams, labi ventilētās telpās ūdens tvaiki kopā ar gaisu izplūst ārā, un telpā nonāk relatīvi sausākais āra gaiss, kā rezultātā, tam sasilstot, telpās ar centrālo apkuri ziemā ļoti bieži ir pazemināts gaisa mitrums – pat pie 20 % –, kas, protams, nav labvēlīgi mūsu pašsajūtai. Tomēr lielāka daļēji tvaiku spiediena dēļ ūdens tvaiki visu laiku caur būvkonstrukcijām meklē ceļu uz āru – notiek tvaiku difūzija caur mikroporainiem materiāliem, ko raksturo šo materiālu tvaiku caurlaidība δ (kg/(m·s·Pa)). Siltuma

apmaiņas procesos analogs raksturlielums ir siltuma vadītspēja λ (W/(m·K)).

Tādējādi ūdens tvaiku caurlaidība (jāatšķir no ūdenscaurlaidības!) kļūst par tikpat svarīgu mūsu būvmateriālu raksturlielumu kā siltuma vadītspēja un būvkonstrukciju siltuma caurlaidība U , par kuras noteikšanu lasāms *Būvzinženiera* 96. numurā. Līdzīgi kā siltumu, arī tvaiku caurlaidību mēdz raksturot gan ar visas konstrukcijas slāņa tvaiku caurlaidību W_p , gan ar šī slāņa tvaiku pretestību Z_p , tomēr inženierpraksē visbiežāk lieto relatīvo vērtību, salīdzinot šo pretestību ar gaisu: ūdens tvaiku pretestības faktors μ (-) raksturo, cik reizi izvēlētā materiāla ūdens tvaiku difūzijas pretestība ir lielāka nekā gaisam. Piemēram, ja beramās celulozes šķiedras (ekovates) $\mu=2$, tad viens metrs šī materiāla nodrošina tādu pašu tvaiku difūzijas pretestību kā divus metrus biezs nekustīga gaisa slānis. Reizēm raksta arī šādi: $\mu=\infty$ – tas nozīmē, ka materiāls praktiski nelaiž cauri ūdens tvaikus. Tādi ir, piemēram, metāli. Ieskatu par dažādu materiālu tvaiku pretestības vērtību diapazonu sniedz 1. tabula.

Materiāla nosaukums	Relatīvā ūdens tvaiku pretestība μ (-)
Akmens un stikla vate	1
Ģipškartons	10
Māla ķieģeļi	16
Viendabīgs koks	40
Putu polistirols, putu poliuretāns, fenola putuplasti	50–60
Saplāksnis	400
Cietas plastmasas bez porām	>10 000

1. tabula. Dažādu materiālu tvaiku pretestības faktora orientējošās vērtības.

Materiāla nosaukums (biezums)	s_d (m)
Fibrolīts (25 mm)	0,14
Aerogēls (30 mm)	0,17
Kaņepju betons (25 mm)	0,2
Ģipškartons (12 mm)	0,2
Skaidu plāksne (22 mm)	0,8
Koks (45 mm)	5,4
Saplāksnis (12 mm)	7,3

2. tabula. Dažu Latvijas Universitātes Siltumfizikālo mērījumu centrā testēto izstrādājumu ūdens tvaiku pretestība.

Savukārt relatīvi plāniem materiālu slāņiem, t. sk. prettvaiku *barjerām* (piemēram, plastmasas plēves, alumīnija folijas, ruberoīds un krāsu pārklājumi), lieto vēl citu raksturlielumu – ūdens tvaiku pretestības gaisa difūzijas ekvivalentu s_d (m), kas raksturo, cik biežam nekustīgam gaisa slānim atbilst šīs konkrētās membrānas ar uzdoto biežumu tvaiku pretestību. Piemēram, ja polietilēna plēves ir ar biežumu 0,25 mm $s_d=100$, tad šīs membrānas pretestība ir tāda pati kā difūzijai caur 100 m biezu gaisa slāni – jo lielāks s_d , jo iespaidīgāka pretestība tvaiku plūsmai (skat. 2. tabulu). Tādējādi, vērtējot materiālu īpašības, ļoti uzmanīgi jāskatās, kurš no šiem lielumiem ir uzdots, vai varbūt lietotas nestandarta mērvienības, kā, piemēram, kādā interneta vietnē – *Tvaika caurlaidība $\geq 0,01006$ mg/(m·h·Pa)*.

Ūdens tvaiku plūsmu ietekmē gan gadalaiks, gan klimats

Prasības ēku būvkonstrukciju tvaiku caurlaidībai detalizēti aprakstītas noteikumu par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-19 *Ēku robežjošo konstrukciju siltumtehnika* (2019. g. MK noteikumi Nr. 280) 5. sadaļā. Būvkonstruktoram jāveic aprēķini, lai ierobežotu ūdens tvaiku uzkrāšanās un kondensācijas iespējas būvkonstrukcijā ilgtermiņā – īpaši jutīgas šajā ziņā ir koka konstrukcijas, tādēļ tiek prasīts, lai kokmateriālos mitruma daudzums summāri nepārsniedz 5 % no to masas. *Zelta likums* nosaka, ka gadījumā, ja būves elements sastāv no dažādiem slāņiem, tā siltajā pusē esošo slāņu kopējam ūdens tvaika pretestības gaisa difūzijas ekvivalentam s_d ir jābūt vismaz piecas reizes lielākam par aukstajai pusei piegulošo slāņu kopējo ūdens tvaika pretestības gaisa difūzijas ekvivalentu s_d . Ņemot vērā tvaiku caurlaidības vērtības (skat. 1. un 2. tabulu), redzams, ka, siltinot ēku no ārpuses, šī prasība ir izpildīta (3. attēls, B), bet, siltinot ēku no iekšpuses bez tvaiku barjerās, nosacījumi neizpildās, un pie blīvākās konstrukcijas virsmas ilgsto-

šā ziemas periodā veidosies pelējums, var rasties arī kondensāts (3. attēls, C). Pelējuma veidošanās virs bēniņu siltuma izolācijas slāņa (2. attēls) arī izskaidro *zelta likuma* ignorēšana, nosedzot to ar saplāksni, kura tvaiku pretestība ir relatīvi liela.

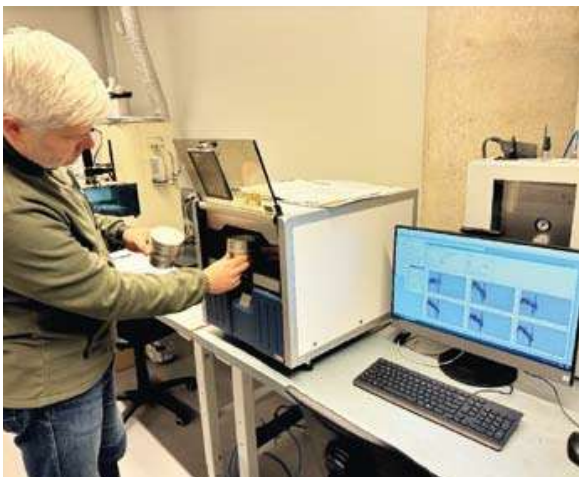
Aukstajā gada laikā dominē ūdens tvaiku plūsma no apsildāmām telpām uz āru, taču vasarā situācija var mainīties. Āra gaisa un būvju ārējo virsmu temperatūra saules starojuma ietekmē var būt būtiski lielāka nekā telpā, un absolūtais ūdens daudzums tur pat nepiesātinātā stāvoklī ir ievērojami lielāks nekā telpā, it sevišķi, ja, izmantojot gaisa kondicionēšanu (dzesēšanu), netiek nodrošināta telpas gaisa mitrināšana. Tad ūdens tvaiku plūsma maina virzienu un no āra caur būvkonstrukcijām cenšas iespieties telpā. Tomēr Latvijas klimatā ar dominējošu apsildes nepieciešamību tas parasti ir mazāk kritiski, bet karstajā Dienvidēiropas vai pat subtropu klimatā dominēs ar dzesēšanu un ūdens tvaiku difūziju no āra uz iekštelpu saistītie procesi. Tādēļ tur būvkonstrukciju projektēšanā, protams, ir citi risinājumi.

Mūsdienīgām daudzslāņu saliktām konstrukcijām aprēķins var nebūt pavisam vienkāršs, jo

- siltuma vadītspēja mainās, mainoties materiāla mitrumam;
- praksē tiek izmantotas arī tā saucamās adaptīvās membrānas, kuru tvaiku caurlaidība ir atkarīga no ūdens tvaiku daļēji spiediena to abās pusēs.

Tāpēc padziļinātai mitruma risku analīzei lieto dažādas uz siltuma un mitruma apmaiņas procesu fizikālajiem modeļiem bāzētas aprēķinu programmas. Dažas no tām ir vācu speciālistu izstrādātās un vispusīgi verificētās programmas *WuFi* un *Delphin*.

Jebkurā gadījumā (vienkāršoti vai arī detalizētāk analizējot) aprēķiniem nepieciešami konkrēto materiālu un membrānu tvaiku caurlaidības raksturlielumi – tos visbiežāk var iegūt no ražotāju specifikācijām, bet, kā



4. attēls. Testa tīģeļu ar paraugiem ievietošana ūdens tvaiku caurlaidības mēriekārtā *Gintronic GraviTest*.



5. attēls. Sagatavoti un tīģeļi ievietoti fibrolīta paraugi tvaiku caurlaidības testēšanai.

liecina sākumā minētā PTAC ziņa, tām ne vienmēr var uzticēties...

Alternatīva ir mērījumi – šādu iespēju Latvijā jau vairākus gadus nodrošina arī Latvijas Universitātes Siltumfizikālo mērījumu centrs, testējot materiālus un membrānas atbilstoši standartam LVS EN ISO 12572:2016 *Būvmateriālu un būvizstrādājumu hidrotermiskās īpašības. Ūdens tvaika caurlaidības noteikšana. Tīģeļa metode*. Šis standarts nosaka piecas dažādas mērīšanas nostādnes (A–E). Izmantotajā A nostādnē kondicionētu paraugu mērījumi notiek 23 °C automatizētā, datorprogrammas vadītā iekārtā (4. un 6. attēls), kur sešos tīģeļos tiek iestiprināti un hermetizēti pētāmo materiālu paraugi ar diametru 90 mm (5. attēls). Mērījuma laikā ar sorbentu (silīcija gēls) tīģeļa iekšpusē tiek uzturēts 0 % relatīvais mitrums, savukārt ārpusē 50±5 % mitrums.

Līdzīgi kā materiālu siltuma vadītspējas gadījumā, arī ūdens tvaiku un ūdens caurlaidības gadījumā mērījumu veikšana ļauj minimizēt riskus, veicot ēku būvkonstrukciju pro-



6. attēls. *Gintronic GraviTest* iekārta materiālu (plēves, membrānas, būvmateriāli) ūdens tvaiku caurlaidības standartizētai noteikšanai.

jektēšanu, un novērst iespējamās nepatīkamos pārsteigumus pēc ēku nodošanas ekspluatācijā, kā tas ir vienā pirms dažiem gadiem uzceltā *zinātnes templī*, kur būvnieks garantijas ietvaros katru gadu brauc tīrīt pelējumu no pagraba telpu sienām, tās špaktelēt un krāsot. Bet garantija drīz beigsies... BI



energoefektīvākā ēka Latvijā 2024

Konkursu organizē:



Finansē Eiropas Savienība NextGenerationEU



2027 Nacionālais attīstības plāns



Ekonomikas ministrija



Klimata un enerģētikas ministrija



LATVIJAS BŪVINŽENIERU SAVIENĪBA



DZĪVO SILTĀK

Atbalstītāji:



Informatīvie atbalstītāji:

