

Mitruma režīma konstrukcijās ar putu polistirolu siltinātās ēkās aprēķins

Iepirkuma līgums:
Nr. EM 2011/57/ERAF



Atskaites Nr: BFA – EPS/11/01

2011

Saturs

1.	Pamatinformācija par atskaiti.....	5
2.	Darba izpildes uzdevums	6
2.1.	Darba mērķis	6
2.2.	Darba tehniskais apraksts	6
2.3.	Galarezultāts	6
3.	EPS ūdens tvaika pārvades raksturlielumi	7
3.1.	EPS izstrādājumu normatīvā bāze	7
3.2.	Siltumizolācijas materiālu ūdens tvaika pārvades raksturlielumi	7
3.3.	EPS izstrādājumu ūdens tvaika pārvade.....	8
3.4.	EPS izstrādājumu pielietojuma normatīvais regulējums ārsienu siltināšanas sistēmas ar apmetuma apdari.....	11
4.	Konstrukciju mitruma režīma novērtējuma metodikas.....	13
4.1.	EN ISO 13788 aprēķina metode	16
4.1.1.	Aprēķinu teorētiskais pamatojums.....	16
4.1.2.	Aprēķina nosacījumi.....	20
4.1.3.	Standarta EN ISO 13788 aprēķina metodes pieņēmumi	21
4.2.	Glāzera metode saskaņā ar Vācijas DIN 4108-3 aprēķina metodiku	21
4.3.	Fokina – Vlasova metode	22
4.4.	Standarta EN ISO 15026 aprēķina metodika	22
4.5.	Pelējuma sēnīšu augšanas riska novērtējums.....	24
4.6.	Secinājumi par konstrukciju mitruma režīma novērtējuma metodēm.....	25
5.	Tipveida projektu ārsienu konstrukciju siltumtehnikais raksturojums.....	26
5.1.	Tipveida projektu norobežojošo konstrukciju siltumtehnikais raksturojums.....	26
5.2.	Tipveida projektu norobežojošo konstrukciju būvfizikālās vērtības.....	27
6.	Konstrukcijas mitruma režīmu ietekmējošie apmetuma sistēmas rādītāji	30
6.1.	Normatīvās prasības.....	30
6.2.	Faktiskās apmetuma sistēmas materiālu vērtības	31
7.	Tipveida projektu norobežojošo konstrukciju mitruma režīma aprēķini	33
7.1.	Mitruma režīma aprēķinu nosacījumi un rezultāti.....	33
7.2.	Pelējuma sēnīšu augšanas riska aprēķins.....	44
8.	Secinājumi	46
9.	Ieteikumi	47
10.	Izmantotā literatūra	48
	Pielikumi.....	50

Tabulu saturs

Tabula 1. Uzputotā putu polistirola ūdens tvaika pretestības faktora un	9
Tabula 2. Uzputotā putu polistirola ūdens tvaika pretestības faktora un	10
Tabula 3. Ēku iekštelpu ekspluatācijas mitruma klases saskaņā ar standartu EN ISO 13788.....	20
Tabula 4. Vides parametri saskaņā ar DIN 4108-3.....	22
Tabula 5. Ēku ārsienu siltuma caurlaidības koeficientu vērtības.....	27
Tabula 6. Tipveida sēriju daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku	28
Tabula 7. Ārsienu materiālu ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienti	29
Tabula 8. Ārsienu siltināšanas apmetuma sistēmas apdares materiālu.....	30
Tabula 9. Apmetuma sistēmas materiālu ūdens pārneses rādītāji [30], [31], [32]	31
Tabula 10. „Caparol” apmetuma sistēmas materiālu ūdens tvaika caurlaidības rādītāji [33]	32
Tabula 11. Ārsienu konstruktīvo būvelementu analizētie varianti.....	34
Tabula 12. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 70 un materiāla slānim 120 mm biezumā	34
Tabula 13. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 70 ar slāņa biezumu 120 mm	35
Tabula 14. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 70 un materiāla slānim 150 mm biezumā	37
Tabula 15. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 70 ar slāņa biezumu 150 mm	37
Tabula 16. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 100 un materiāla slānim 120 mm biezumā	39
Tabula 17. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 100 ar slāņa biezumu 120 mm	39
Tabula 18. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 100 un materiāla slānim 150 mm biezumā	41
Tabula 19. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 100 ar slāņa biezumu 150 mm	41
Tabula 20. Aprēķinu kopsavilkums Rīgas meto datiem pie 3.mitruma klases	44
Tabula 21. Aprēķinu kopsavilkums Daugavpils metodatiem pie 4.mitruma klases	45

Attēlu saturs

1. att. Daudzslāņu būvelementa ūdens tvaiku pretestības gaisa difūzijas ekvivalenta s_d sadalījums.	12
2. att. Shematiska piesātināta (pārtraukta līnija) un nepiesātināta (nepārtraukta līnija) ūdens tvaika spiediena atkarība no ūdens tvaika difūzijas ekvivalenta S_d	15
3. att. Shematiska piesātināta (pārtraukta līnija) un nepiesātināta (nepārtraukta līnija) ūdens tvaika spiediena atkarība no ūdens tvaika difūzijas ekvivalenta S_d	16
4. att. Shematiska piesātināta (pārtraukta līnija) un nepiesātināta (nepārtraukta lauztā līnija) ūdens tvaika spiediena atkarība no ūdens tvaika difūzijas ekvivalenta S_d	18
5. att. Mitruma klases atkarībā no ārējā gaisa temperatūras saskaņā ar EN ISO 13788.....	19
6. att. Ēku tipveida projektu piemēri.	25
7. att. Dzīvojamo ēku ārsienu būvniecībā pielietotā materiāla veidu sadalījums [24].....	27
8. att. Bojātas lietus ūdens notekcaurules radītie ār sienas bojājumi.....	32
9.att. Priekšputotā putu polistirola ar marku EPS 70 izmantošanas rezultāti.....	34
10.att. Kondensāta veidošanās intensitāte (kg/m^2) analizētajos būvelementos, izmantojot EPS 70 markas priekšputoto putu polistirolu.	35
11.att. Priekšputotā putu polistirola ar marku EPS 100 izmantošanas rezultāti.....	36
12.att. Kondensāta veidošanās intensitāte (kg/m^2) analizētajos būvelementos, izmantojot EPS 100 markas priekšputoto putu polistirolu.	37

1. Pamatinformācija par atskaiti

<p><i>Izpildītājs:</i></p> <p>Farels Solutions SIA Reģ., Nr. 40003888117, Ūbeļu iela 3-34, Ādaži, Ādažu novads, LV-2164</p> <p>Tālrunis: 66660242 26564927 E-pasts: andris@buvfizika.lv</p>	<p><i>Pasūtītājs:</i></p> <p>Latvijas Republikas Ekonomikas ministrija Reģ.Nr. 90000086008 Brīvības ielā 55, Rīgā, LV – 1519</p> <p><i>Kontaktpersona:</i> Anda Lagzdina e-pasts: Anda.Lagzdina@em.gov.lv</p>
<p><i>Atskaites nosaukums:</i></p> <p>Mitruma režīma konstrukcijās ar putu polistirolu siltinātās ēkās aprēķins</p>	
<p><i>Atskaites numurs:</i></p> <p>BFA-EPS/11/01</p>	<p><i>Atskaites sagatavošanas datums:</i></p> <p>2011. gada 19.decembris</p>
<p><i>Atskaites apjoms:</i></p> <p>74 lappuses, 21 tabulas, 12 attēli, 3 pielikumi</p>	<p><i>Atbildīgais par darba izstrādi:</i> Maģ.sc.ing Andris Vulāns</p> <hr/>

2. Darba izpildes uzdevums

2.1. Darba mērķis

Noteikt mitruma riskus norobežojošās konstrukcijās pēc tipveida projektiem būvētās un ar putu polistirolu siltinātās daudzdzīvokļu dzīvojamās ēkās, kas pretendē uz Eiropas Reģionālās attīstības fonda atbalsta saņemšanu (turpmāk - ERAF) aktivitātes „Daudzdzīvokļu māju siltumnoturības uzlabošanas pasākumi” (turpmāk – 3.4.4.1.aktivitāte) ietvaros.

2.2. Darba tehniskais apraksts

- 2.2.1 Veikt mitruma režīma aprēķinus daudzslāņu konstrukcijām, lai noteiktu mitruma riskus norobežojošās konstrukcijās daudzdzīvokļu dzīvojamām ēkām, kas būvētas pēc tipveida projektiem un ir siltinātas ar putu polistirolu. Tiek izvērtēti sekojoši mitruma ietekmējoši riska faktori:
 - 2.2.1.1 sēnīšu augšanas risks;
 - 2.2.1.2 ūdens tvaika kondensācijas gada bilance;
 - 2.2.1.3 akumulētā kondensāta maksimālais daudzums konstrukcijā.
- 2.2.2 Aprēķins jāveic ārsienu konstruktīvajiem risinājumiem, kas ir raksturīgi ekspluatācijā esošām daudzdzīvokļu dzīvojamām ēkām.
- 2.2.3 Aprēķina nosacījumos jāņem vērā daudzdzīvokļu dzīvojamām ēkām raksturīgie telpu mikroklimata (temperatūras un mitruma) nosacījumi un gaisa temperatūras, āra mitruma un vēja ātruma izmaiņas gada griezumā, ņemot vērā Latvijas klimatiskos apstākļus, kā arī siltināšanai pieejamo putu polistirolu marku atšķirības;
- 2.2.4 Uzdevums jāveic saskaņā ar normatīviem aktiem un standartiem:
 - 2.2.4.1 Ministru kabineta 2001. gada 27. novembra noteikumi Nr. 495 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-01 „Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika””;
 - 2.2.4.2 Ministru kabineta 2001. gada 23. augusta noteikumi Nr. 376 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-01 „Būvklimatoloģija””;
 - 2.2.4.3 LVS EN ISO 13788:2003 „Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehniskās īpašības - Iekšējās virsmas temperatūra, lai izvairītos no kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas - Aprēķina metodes”;
 - 2.2.4.4 citi normatīvie akti un standarti, ja tas nepieciešams šī darba izpildei.
- 2.2.5 Aprēķinu rezultātā:
 - 2.2.5.1 jānosaka daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku ārsienu konstruktīvo risinājumu kritiskie parametri (robežas), kuru rezultātā mitrums nelabvēlīgi ietekmē ar putu polistirolu nosiltinātas norobežojošās konstrukcijas;
 - 2.2.5.2 iegūtie rezultāti jāatspoguļo grafiski (piemēram, tabulās un grafikos);
- 2.2.6 Jebkuras izmaiņu veikšana vai atkāpes no Tehniskajā uzdevumā noteiktajām prasībām jāaskaņo ar Pasūtītāju. Tāpat ar Pasūtītāju ir jāaskaņo izvēlētie ārsienu konstruktīvie risinājumi, kas nepieciešami, lai veiktu mitruma režīma analīzi.

2.3. Galarezultāts

Uzdevuma izpildes rezultātā Izpildītājam jāpiegādā darba atskaite, kurā ir iekļauti:

- 2.3.1. pielietoto metožu teorētisks pamatojums;
- 2.3.2. izmantojamo konstruktīvo elementu materiālu izejas datu parametru pamatojums;
- 2.3.3. aprēķina rezultāti un to grafisks atspoguļojums (tabulas, grafiki);
- 2.3.4. paskaidrojums par veiktajiem aprēķiniem;
- 2.3.5. secinājumi un ieteikumi.

3. EPS ūdens tvaika pārvades raksturlielumi

3.1. EPS izstrādājumu normatīvā bāze

Rūpnieciski ražoto uzputotā putu polistirola siltumizolācijas izstrādājumu raksturlielumus un pieļaujamās vērtības, kurus pielieto ēkās, nosaka standarts **LVS EN 13163** „Siltumizolācijas izstrādājumi ēkām. Rūpnieciski ražotie uzputota polistirola (EPS) izstrādājumi. Specifikācija” [1]. Dotais standarts kopš 2003.gada ir piemērojams visās Eiropas Savienības dalībvalstīs.

Savukārt standarts **LVS EN 14933** „Siltumizolācijas materiāli un vieglie pildmateriāli būvniecībai. Rūpnieciski ražotie uzputota polistirola (EPS) izstrādājumi. Specifikācija” [2] ir piemērojams gadījumos, kad EPS izstrādājumus izmanto inženierbūvēs, piemēram, auto ceļu izbūvē.

Uzputotā putu polistirola izstrādājumu pielietojumu ārējās siltumizolācijas kompozītās sistēmās (ETICS) regulē standarts **LVS EN 13499** „Siltumizolācijas izstrādājumi būvniecībai - Ārējās siltumizolācijas kompozītās sistēmas (ETICS) uz uzputota polistirola bāzes – Specifikācija” [3].

Latvijas būvnormatīvā LBN 002-01 „Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika” [4] ir reglamentēta siltumtehnisko aprēķinu veikšanas procedūra un attiecīgajos aprēķinos pielietojamās materiālu siltumtehniskās vērtības. Būvnormatīvā uzputota polistirola izstrādājumiem piemērojama harmonizētais standarts ir norādīts **LVS EN 13163**.

EPS izstrādājumu raksturlielumu pareizas izpratnes un izmantošanas nolūkos ir jāatzīmē arī *Eiropas uzputotā putu polistirola ražotāju asociācijas* (European Manufacturers of Expanded Polystyrene)¹ izstrādātais un publiski pieejamais informatīvais materiāls „*EPS White Book. EUMEPS Background Information on standardisation of EPS*” [5]. Tas satur izvērstāku informāciju par EPS īpašībām un pielietojumu salīdzinājumā ar standarta EN 13163 apjomu, kā arī ietver dažādu pētījumu rezultātus par EPS materiāliem.

Eiropas uzputotā putu polistirola ražotāju asociācijas (EUMEPS) biedri ir vairāk nekā 90 % uzputotā putu polistirola ražotāji no ES un tā ir vadošā organizācija Eiropā, kas pārstāv EPS ražotāju intereses.. Asociācijas biedri ir galvenokārt nacionālās asociācijas, EPS izejvielu ražotāji un starpvalstu EPS dīleri. Asociācijā ir izveidojušās sekojošas interešu grupas EPS materiālu izmantošanā: iepakojums un būvniecība.

„*EPS White Book*” ir izstrādājuši CEN Tehniskās komitejas 88 (TC88) 4. darba grupas locekļi, kas arī ir veidojuši EPS standartu saturu. Līdz ar to dotais materiāls ir uzskatāms kā pietiekami informatīvs un tajā sniegtā informācija ir korekta.

3.2. Siltumizolācijas materiālu ūdens tvaika pārvades raksturlielumi

Lai raksturotu siltumizolācijas materiālu ūdens tvaika pārvadi, pielieto sekojošus raksturlielumus:

- **Ūdens tvaika pārvades ātrums, g** (*water vapour transmission rate*) – ūdens tvaika daudzums, kas pie noteikta biezuma pārvadīts caur laukuma vienību laika vienībā noteiktos temperatūras un mitruma apstākļos.
- **Ūdens tvaika vadītspēja, W** (*water vapour permeance*) – testēšanas parauga ūdens tvaika pārvades ātruma un ūdens tvaika spiediena starpības starp divām parauga plaknēm testēšanas laikā attiecība (dalījums).
- **Ūdens tvaika pretestība, Z** (*water vapour resistance*) – ūdens tvaika vadītspējas apgriezts lielums.

¹ www.eumeps.org

- **Ūdens tvaika caurlaidība, δ (water vapor permeability)** – testēšanas parauga vadītspējas un biezuma reizinājums. Homogēniem izstrādājumiem ūdens tvaika caurlaidība ir materiāla īpašība. Tā ir vienāda ar ūdens tvaika daudzumu, kas laika vienībā tiek pārvadīts caur izstrādājuma laukuma vienību pie vienības tvaika spiediena starp tā plaknēm un vienības biezuma.
- **Ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficients, μ (water vapour diffusion resistance factor)** - dotā materiāla vai homogēna izstrādājuma ūdens tvaika caurlaidības un gaisa ūdens tvaika caurlaidības attiecība (dalījums). Tas norāda izstrādājuma ūdens tvaika pretestības un vienāda biezuma stāvoša gaisa slāņa ūdens tvaika pretestības relatīvo lielumu (attiecību) pie tās pašas temperatūras.
- **Ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalentā gaisa slāņa biezums, S_d (water vapour diffusion equivalent air layer thickness)** – nekustīga gaisa slāņa biezums, kuram ir tāda pati ūdens tvaika pretestība kā testēšanas paraugam ar biezumu d .

Materiālu ūdens tvaika pārvades lielumus siltumizolācijas materiāliem nosaka saskaņā ar standartu LVS EN 12086: „Siltumizolācijas materiāli lietošanai būvniecībā. Ūdens tvaika pārvades raksturojumu noteikšana” [6] metodiku.

Standartā EN 13163 [1] ir noteikts, ka uzputota polistirola (EPS) homogēniem izstrādājumiem jānosaka lielums „**Ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficients, μ** ”, bet izstrādājumiem ar pārklājumiem lielums „**Ūdens tvaika pretestība, Z** ”.

3.3. EPS izstrādājumu ūdens tvaika pārvade

Būvpraksē norobežojošo konstrukciju mitruma režīma aprēķins galvenokārt balstās uz standarta LVS EN ISO 13788 „Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehnikās īpašības - Iekšējās virsmas temperatūra, lai izvairītos no kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas - Aprēķina metodes” [7] aprēķina metodiku (plašāk par aprēķina metodikām skatīt 4. nodaļu). Saskaņā ar EN ISO 13788 metodi konstrukciju mitruma režīma novērtējumu veic, izmantojot *materiāla ūdens tvaika pretestības gaisa difūzijas ekvivalenta jēdzienu*. Līdz ar to izmantojamo materiālu ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienta vērtība ir viens no galvenajiem pamatelementiem aprēķinos

Latvijas būvnormatīvā LBN 002-01 „Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika” 26. punktā ir norādīts, ka aprēķinos var izmantot μ vērtību, kura noteikta saskaņā ar standartu LVS EN 12086 vai šī būvnormatīva 6. un 7.tabulu, kur ir noteiktas μ vērtības viendabīgiem būvmateriāliem un siltumizolācijas materiāliem. LBN 002-01 6. tabulā EPS materiāliem ir norādīta viena vērtība tilpummasas diapazonā no 10 līdz 50 kg/m³ $\mu = 60$.

Būvnormatīva 6.tabulā norādītā EPS μ vērtība atbilst standartā LVS EN ISO 10456:2008 [8] deklarētajām vērtībām.

Standartā LVS EN 13163 ir norādīta *ūdens tvaika pretestības faktora (μ) un ūdens tvaika caurlaidības (δ)*, robežvērtības atkarībā no uzputotā putu polistirola tipa. Standartā ir noteikts, ka izstrādājumu noteiktā *ūdens tvaika pretestības faktora (μ) vērtība* nevar būt augstāka, bet *ūdens tvaika caurlaidības (δ)* nevar būt zemāka par standartā definētajām vērtībām² (skatīt 1.tabulu). Ja nav pieejami izstrādājumu mērījumu dati, tad drīkst piemērot standartā norādītās vērtības.

² Standarta EN 13613 Tabula D.2.

Tabula 1. Uzputotā putu polistirola ūdens tvaika pretestības faktora un ūdens tvaika caurlaidības vērtības saskaņā ar LVS EN 13613

Tips	Ūdens tvaika pretestības faktors, μ ;	Ūdens tvaika caurlaidība, δ ; mg/(Pa·h·m)
EPS 30	20 līdz 40	0,018 līdz 0,036
EPS 50	20 līdz 40	0,018 līdz 0,036
EPS 60	20 līdz 40	0,018 līdz 0,036
EPS 70	20 līdz 40	0,018 līdz 0,036
EPS 80	20 līdz 40	0,018 līdz 0,036
EPS 90	30 līdz 70	0,010 līdz 0,024
EPS 100	30 līdz 70	0,010 līdz 0,024
EPS 120	30 līdz 70	0,010 līdz 0,024
EPS 150	30 līdz 70	0,010 līdz 0,024
EPS 200	40 līdz 100	0,007 līdz 0,018
EPS 250	40 līdz 100	0,007 līdz 0,018
EPS 300	40 līdz 100	0,007 līdz 0,018
EPS 350	40 līdz 100	0,007 līdz 0,018
EPS 400	40 līdz 100	0,007 līdz 0,018
EPS 500	40 līdz 100	0,007 līdz 0,018
EPS T	20 līdz 40	0,018 līdz 0,036

Savstarpēji salīdzinot būvnormatīva LBN 002-01 un harmonizētā standarta EN 13613 EPS izstrādājumu mitruma pārnese vērtības, var secināt, ka:

- standartā ir izmantots detalizētāks materiāla vērtību iedalījums atkarībā no izstrādājumu tipiem;
- būvnormatīva 6.tabulā norādītā ūdens tvaika pretestības faktora vērtība ($\mu = 60$) ir attiecināta uz visu būvniecībā izmantojamo EPS izstrādājumu tilpummasas klāstu. Līdz ar to, piemēram, EPS izstrādājumu grupām, kuras izmanto ārsienu siltināšanai būvnormatīvā norādītā ūdens tvaika pretestības faktora vērtība ir būtiski lielāka nekā standartā EN 13613 norādītā;
- būvnormatīvā LBN 002-01 EPS izstrādājumu iedalījums tiek veikts pēc to tilpummasas. Savukārt standartā EN 13613 iedalījums ir pēc spiedes stiprības pie 10 % deformācijas. *Izstrādājumu iedalījums pēc spiedes stiprības rādītāja ir uzskatāms, kā korektāks un normatīvajām izstrādājumu prasībām atbilstošs. Dotā atšķirība starp LBN 002-01 un EN 13613 ir saistīta ar to, ka LBN 002-01 ir stājies spēkā pirms standarta EN 13613 ieviešanas un līdz tam brīdim, kā EPS izstrādājumu raksturlielums tika izmantota to tilpummasa. Savukārt pēc EN 13613 ieviešanas attiecīgas korekcijas LBN 002-01 saturā nav veiktas.*

Savukārt priekšputotā putu polistirola asociācijas (EUMEPS) materiālā „EPS White Book. EUMEPS Background Information on standardisation of EPS” [5] ir uzrādītas EPS izstrādājumu vērtības, kas nedaudz atšķiras no standartā EN 13613 [1] tabulā D.2 uzrādītajām vērtībām. EUMEPS uzrādītās vērtības tabulā ir uzskatāmas kā korektākās.

Tabula 2. Uzputotā putu polistirola ūdens tvaika pretestības faktora un ūdens tvaika caurlaidības vērtības saskaņā ar EUMEPS datiem

Produkta klase	Ūdens tvaika pretestības faktors, μ;	Ūdens tvaika caurlaidība, δ; mg/(Pa·h·m)
EPS 30	20 līdz 40	0,015 līdz 0,030
EPS 50	20 līdz 40	0,015 līdz 0,030
EPS 60	20 līdz 40	0,015 līdz 0,030
EPS 70	20 līdz 40	0,015 līdz 0,030
EPS 80	20 līdz 40	0,015 līdz 0,030
EPS 90	30 līdz 70	0,009 līdz 0,020
EPS 100	30 līdz 70	0,009 līdz 0,020
EPS 120	30 līdz 70	0,009 līdz 0,020
EPS 150	30 līdz 70	0,009 līdz 0,020
EPS 200	40 līdz 100	0,006 līdz 0,015
EPS 250	40 līdz 100	0,006 līdz 0,015
EPS 300	40 līdz 100	0,006 līdz 0,015
EPS 350	40 līdz 100	0,006 līdz 0,015
EPS 400	40 līdz 100	0,006 līdz 0,015
EPS 500	40 līdz 100	0,006 līdz 0,015
EPS T	20 līdz 40	0,015 līdz 0,030

No EUMEPS uzrādītajiem datiem izriet, ka EPS izstrādājumiem faktiskā ūdens tvaika caurlaidības spēja ir nedaudz mazāka salīdzinājumā ar standarta EN 13613 uzrādītajiem datiem.

Izvērtējot EPS ražotāju norādītos uzputotā putu polistirola ūdens tvaika pretestības rādītājus, kā arī cita veida informatīvos avotus, piem., bukletus, materiālu siltumtehniko rādītāju tabulas, pētnieciskos darbus [9], [10] var secināt, ka vairumā gadījumos faktiskās izstrādājumu vērtības atrodas „pa vidu” starp standartā EN ISO 13613 uzrādītajiem datiem.

Pēc pieprasījuma no Latvijas lielākā EPS izstrādājumu ražotāja „Tenapors” SIA tika saņemts dotajā uzņēmumā ražotā uzputotā putu polistirola ar produkta klasi EPS 70 testēšanas pārskats (skatīt 1.pielikumu).

Saskaņā ar pārskata datiem produkta klases EPS 70 uzputotā putu polistirola attiecināmie rādītāji ir sekojoši:

Tilpummasa, ρ ; kg/m ³	15,8 ± 1,8
Spiedes stiprība pie 10 % deformācijas, kPa	78,3 ± 8,8
Ūdens tvaika pretestības faktora vērtība, μ	28,4 ± 1,8
Ūdens tvaika caurlaidība, δ ; mg/(Pa·h·m)	0,0248 ± 0,0016

Igaunijas EPS izstrādājumu ražotājs „Estplast Tootmine” OÜ³ savas produkcijas ūdens tvaika pretestības vērtības deklarē atbilstoši standarta EN 13163 tabulas D2 datiem, t.i., piem., EPS produkta klasei EPS 80 $\mu = 20 - 40$ (skat, 1.pielikumu).

Šobrīd, balstoties uz būvnormatīvu LBN 002-01, var piemērot EPS izstrādājumu ūdens tvaika pārvades raksturlielumus, kas savstarpēji konfrontē un kā apliecina dotā būvnormatīva piemērošana būvpraksē, tad bieži vien aprēķinu veikšana un rezultātu publiskošana saistīta ar nekorektu izejas datu izmantošanu, tādējādi maldinot patērētāju [11], [12].

Atbilstošu EPS izstrādājumu ūdens tvaika pārvades raksturlielumu un vērtību izmantošana konstrukciju mitruma plūsmas aprēķinos ir svarīgs apstāklis korektu rezultātu iegūšanā!

3.4. EPS izstrādājumu pielietojuma normatīvais regulējums ārsienu siltināšanas sistēmas ar apmetuma apdari

Uzputotā putu polistirola izstrādājumu pielietojumam fasāžu siltināšanas sistēmās ir attiecināmi vairāki normatīvie dokumenti:

- LVS EN 13499 „Siltumizolācijas izstrādājumi būvniecībai - Ārējās siltumizolācijas kompozītās sistēmas (ETICS) uz uzputota polistirola bāzes – Specifikācija” [3].
- ETAG 004 Eiropas tehniskā apstiprinājuma pamatnostādne ārējās siltumizolācijas sistēmām ar apmetumu [13].

Attiecīgajos materiālos ir definēti un noteikti vairāki aspekti, kas ir svarīgi no dotā darba izpildes aspekta:

- standarta EN 13499 punktā 4.7 ir norādīts, ka sistēmas virsmas ūdens (šķidrās fāzes) absorbcija nevar būt lielāka par 0,5 kg/(m²·h^{0,5}).
- standarta EN 13499 punktā 4.10 ir norādīts, ka fasādes apdares materiāla pamatkārtas un nobeiguma materiāla noteiktā ūdens tvaika caurlaidība (δ) nevar būt mazāka kā 20 g/(m²·d).

Kā arī tiek lēsts, ka **standartā definētie apdares materiālu ūdens tvaika caurlaidības rādītāji nerada kaitīgus⁴ kondensācijas procesus apkures perioda laikā, kad iekštelpu ikdienas gaisa relatīvais mitrums nepārsniedz 60 % un temperatūru starpība starp iekštelpu un āra vidi ir mazāka nekā 30 K.** Pārējos gadījumos kondensācijas procesa novērtējumu var veikt saskaņā ar EN ISO 13788.

³ <http://www.estplast.ee/et/sertifikaadid>

⁴ Tulkojums no angļu vārda „harmful”

- Savukārt B pielikums ietver papildu ieteikumus patērētājiem un projektētājiem par ETICS sistēmas virsmas izturību pret plaisām t.i., ETICS sistēmu nepieciešams projektēt un izmantot tādā veidā, lai neveidojās kaitīgas plaisas armējošā slānī. Nevēlamās plaisas ir: :
 - plaisas plākšņu savstarpēja savienojuma vietās, un/vai
 - plaisas, kuru platums vairāk nekā 0,2 mm.
- ETAG 004 vēl konkrētāk definē kvalitātes kritērijus, kuri tiek izvirzīti materiāliem, kas veido siltināšanas sistēmu. Attiecībā uz EPS izstrādājumiem ir noteikts, ka deklarētā līmeņa stiepes stiprībai perpendikulāri virsmām (TR) jābūt ≥ 100 kPa. Tas savukārt nozīmē, ka tādas stiepes stiprībai atbilst EPS izstrādājumi ar produkta klasi vismaz EPS 70. Kā arī ETAG 004 ir noteikts, ka apmetuma sistēmā nav pieļaujamas plaisas līdz siltumizolācijas materiālam un plaisas starp siltināšanas sistēmas materiāliem un pārējiem ēkas elementiem.

Secinājums: EPS izstrādājumu pielietojumam ārsienu siltināšanas sistēmas ar apmetuma apdari ir izstrādāti risinājumi, lai nodrošinātu maksimāli siltumtehnikai pareizu sistēmas funkcionēšanu un novērstu nevēlamus mitruma plūsmas izraisītus bojājumus ārsienu siltināšanas sistēmās ar apmetuma apdari.

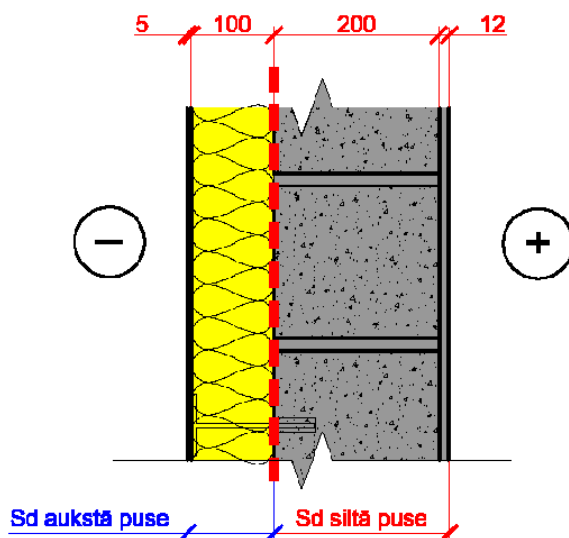
4. Konstrukciju mitruma režīma novērtējuma metodikas

Vispārīgā gadījumā konstrukciju mitruma režīma novērtēšanas gaitā ūdens tvaiku spiedienu (p_x) vienmēr salīdzina ar piesātinātā ūdens tvaiku spiedienu (p_{sat}). Konstrucijā nav mitruma kondensācijas, ja visos konstrukcijas slāņos $p_x < p_{sat}$.

Latvijas būvnormatīva LBN 002-01 25. punktā norādīts, ka: „Būvelementā, kas nesastāv no viendabīga materiāla, nodrošina, ka tā siltumizolācijas materiāla siltajā pusē esošo slāņu kopējais ūdens tvaiku pretestības gaisa difūzijas ekvivalents s_d ir vismaz piecas reizes lielāks par siltumizolācijai aukstajā pusē piegulošo materiālu kopējo ūdens tvaiku pretestības gaisa difūzijas ekvivalentu s_d ”.

Līdz ar to, ja dotā prasība izpildās, tad vispārīgā gadījumā konstrukcijas mitruma režīmu nav jāpamato ar aprēķinu.

Savukārt 31. punktā ir norādīts, ka: „Atkāpēm no šī būvnormatīva 25. punkta prasībām jābūt pamatotām ar aprēķinu, kas garantē, ka kondensāta gada uzkrāšanās nav ar pozitīvu bilanci un nekaitē konstrukcijai. Koka būvelementos kondensāta rašanās nav pieļaujama”.



1. att. Daudzslāņu būvelementa ūdens tvaiku pretestības gaisa difūzijas ekvivalenta s_d sadalījums

Būvnormatīva LBN 002-01 25.punkta prasības neizpilde, tad arī tiek uzskatīta par EPS izstrādājumu vājo punktu, kuru bieži vien traktē, kā problēmu avotu, kas var radīt ar konstrukciju mitruma pārnese saistītas problēmas

Izvērtēsim dažas konstrukcijas, lai atspoguļotu LBN 002-01 25.punkta piemērošanu:

1.konstrukcija

Materiāls	Biezums, mm	μ	S_d , m	
Cementa kaļķu apmetums	15	6	0,09	S_d siltā puse
Silikātķieģeļu mūris	510	10	5,1	
Uzputots putu polistirols, EPS 70	100	30	3	S_d aukstā puse
Minerālais apmetums	10	30	0,3	
			Kopā	8,49

LBN 002-01 25. punkta atbilstības pārbaude:

$$\frac{S_d \text{ siltā puse}}{S_d \text{ aukstā puse}} = \frac{5,19}{3,3} = 1,57 < 5 \quad \text{Prasība neizpildās}$$

2.konstrukcija

Materiāls	Biezums, mm	μ	S_d , m	
Cementa kaļķu apmetums	15	6	0,09	S_d siltā puse
Silikātķieģeļu mūris	510	10	5,1	
Uzputots putu polistirols, EPS 70	100	60 ⁵	6	S_d aukstā puse
Minerālais apmetums	10	30	0,3	
			Kopā	11,49

LBN 002-01 25. punkta atbilstības pārbaude:

$$\frac{S_d \text{ siltā puse}}{S_d \text{ aukstā puse}} = \frac{5,19}{6,3} = 0,82 < 5 \quad \text{Prasība neizpildās}$$

3.konstrukcija

Materiāls	Biezums, mm	μ	S_d , m	
Cementa kaļķu apmetums	15	6	0,09	S_d siltā puse
Silikātķieģeļu mūris	510	10	5,1	
Minerālvate	100	1	0,1	S_d aukstā puse
Minerālais apmetums	10	30	0,3	
			Kopā	5,59

LBN 002-01 25. punkta atbilstības pārbaude:

$$\frac{S_d \text{ siltā puse}}{S_d \text{ aukstā puse}} = \frac{5,19}{0,40} = 12,97 < 5 \quad \text{Prasība izpildās}$$

⁵ LBN 002-01 6.tabulas dati

4.konstrukcija

Materiāls	Biezums, mm	μ	S_d , m	
Cementa kaļķu apmetums	15	6	0,09	S_d siltā puse
Dzelzsbetons	200	100	20	
Uzputots putu polistirols, EPS 70	150	30	4,5	S_d aukstā puse
Minerālais apmetums	10	30	0,3	
			Kopā	24,89

LBN 002-01 25. punkta atbilstības pārbaude:

$$\frac{S_d \text{ siltā puse}}{S_d \text{ aukstā puse}} = \frac{20,09}{4,80} = 4,15 < 5 \quad \text{Prasība neizpildās}$$

5.konstrukcija

Materiāls	Biezums, mm	μ	S_d , m	
Minerālais apmetums	10	6	0,06	S_d siltā puse
Gāzbetons (Aeroc tipa)	375	6	1,88	
Silikāta apmetums	6	30	0,18	S_d aukstā puse
			Kopā	2,12

LBN 002-01 25. punkta atbilstības pārbaude:

$$\frac{S_d \text{ siltā puse}}{S_d \text{ aukstā puse}} = \frac{1,94}{0,18} = 10,77 < 5 \quad \text{Prasība izpildās}$$

No piemēriem izriet, ka konstrukcijās, kurās par siltumizolācijas materiālu izmanto uzputotā putu polistirola izstrādājumus netiek nodrošināta atbilstība LBN 002-01 25.punkta prasībām.

Būvnormatīvā LBN 002-01 nav norādīts konstrukciju mitruma režīma novērtējuma veikšanai piemērojamais standarts ⁶. Savukārt, ņemot vērā, ka būvnormatīvā definētā mitruma režīma novērtējuma procedūra saistīta ar ūdens tvaiku pretestības gaisa difūzijas ekvivalenta aprēķinu, tad dotā aprēķina metodika ir aprakstīta standartā EN ISO 13788. Līdz ar to doto standartu galvenokārt arī izmantoto būvpraksē, lai pārliecinātos par konstrukciju atbilstību LBN 002-01 V. nodaļas prasībām.

Bez standartā EN ISO 13788 aprakstītās aprēķina metodes vēl būvpraksē izmanto vairākas citas metodes, no kurām plašāk zināmās ir:

- Glāzera metode** ⁷ saskaņā ar Vācijas DIN 4108-3 aprēķina metodiku [14];
- Fokina – Vlasova metode** ⁸ – izplatīta bijušajās PSRS bloka valstīs, kurās nav adaptēti EN standarti;
- Standarta EN ISO 15026** aprēķina metodika [15] ir salīdzinoši jauna aprēķina metodika, kura balstās uz skaitliskās analīzes principiem. Latvijā standarts ir spēkā tikai no 2007.08.28. Līdz ar to tas ir salīdzinoši jauns un Latvijas būvpraksē praktiski netiek izmantots. Plašāku dotā standarta izvērtējumu skatīt **4.4 nodaļā**.

⁶ <https://www.lvs.lv/lv/services/legislation/legislationdetails.asp?lid=261>

⁷ Tulkojums no vācu valodas – **Glaser-Verfahren**

⁸ Tulkojums no krievu valodas - **метод Фокина-Власова**

- d) **Citas metodes** – citu metožu pamatā ir iepriekš minētās metodes dažādās variācijās vai ar dažāda veida aprēķinu paplašinājumiem, piemēram, Glāzera metodes aprēķina modelis (DIN 4108-3), kurā papildus ievērtē materiālu sākotnējo mitrumu un kapilārā mitruma pārnesei [16].

Neatkarīgi no konstrukcijas mitruma režīma aprēķina metodes, lai veiktu mitruma režīma novērtējumu, ir nepieciešams aprēķināt arī temperatūras sadalījumu konstrukcijā.

4.1. EN ISO 13788 aprēķina metode

Konstrukcijas mitruma režīma novērtējumu saskaņā ar EN ISO 13788 [7] metodi veic, izmantojot materiāla ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalenta jēdzienu.

Saskaņā ar standarta EN ISO 13788 aprēķina metodi ūdens tvaiku spiediens (p_x) un piesātinātā ūdens tvaiku spiedienu (p_{sat}) parāda atkarībā no ūdens tvaika pretestības gaisa difūzijas ekvivalenta s_d .

Aprēķinu veic pie vidējām mēneša temperatūrām un vidējā mēneša relatīvā mitruma visos mēnešos. Sākot ar mēnesi, kad ir iespējama kondensācija, sāk aprēķināt mitruma kondensācijas vai iztvaikošanas daudzumu katram mēnesim un salīdzina gada laikā uzkrāto kondensātu ar iztvaikotā kondensāta daudzumu.

4.1.1. Aprēķinu teorētiskais pamatojums.

Aprēķina metodes pamatā ir Glāzera metodes aprēķina principi, kuri balstās uz mitruma pārnesei pēc Fika likuma un siltuma pārnesei saskaņā ar Furjē likumu.

Kondensāta aprēķins balstīts uz difūzijas vienādojuma atrisinājumu.

Mitruma difūzijas plūsmu aprēķina pēc formulas:

$$g = \delta_0 \frac{p_i - p_e}{s_d}, \quad (4.1)$$

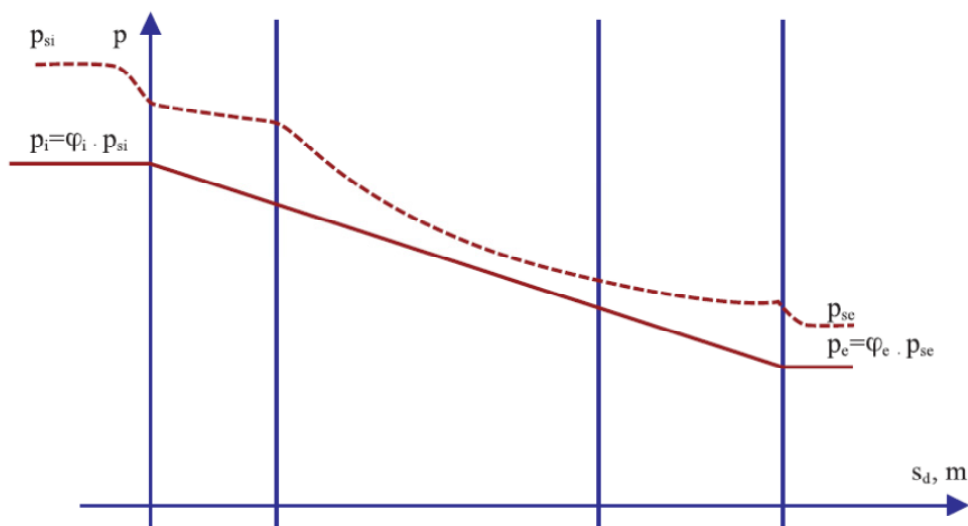
kur g – mitruma difūzijas plūsma, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;
 δ_0 – koeficients, $2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) = 2 \cdot 10^{-10} \text{ s}$;
 p_i – nepiesātināta tvaika spiediens ēkas iekšpusē, Pa;
 p_e – nepiesātināta tvaika spiediens ēkas ārpusē, Pa;
 s_d – ūdens tvaiku difūzijas ekvivalents, m.

Daudzslāņu būvelementam ūdens tvaiku difūzijas ekvivalentu aprēķina pēc formulas:

$$s_d = \sum_{j=1}^N d_j \mu_j, \quad (4.2)$$

kur d_j – būvelementa j -tā slāņa biezums, m;
 μ_j – būvelementa j -tā slāņa ūdens tvaika pretestības faktors.

Grafiski attēlojot nepiesātinātu ūdens tvaiku spiedienu atkarībā no ūdens tvaiku difūzijas ekvivalenta $p=f(s_d)$, iegūst taisni. Šajās pašās koordinātās attēlojot arī piesātinātā ūdens tvaiku spiediena atkarību no s_d atbilstošās temperatūrās, var veikt mitruma izdalīšanās analīzi ēku norobežojošajās konstrukcijās. Ja abas līnijas nekrustojas, tad kondensāts neizdalās (skat, 2. att.).



2. att. Shematiska piesātināta (pārtraukta līnija) un nepiesātināta (nepārtraukta līnija) ūdens tvaika spiediena atkarība no ūdens tvaika difūzijas ekvivalenta S_d (p_{si} , p_{se} – piesātināta ūdens tvaika spiediens iekštelpā un ārpusē; p_i , p_e – nepiesātināta ūdens tvaika spiediens iekštelpā un ārpusē; φ_i , φ_e – relatīvais gaisa mitrums iekštelpā un ārpusē) [17].

Ja abas līknes krustojas (3. att.; pārtrauktā un punktsvītrotā līnija), tad ēku norobežojošajās konstrukcijās ir novērojama kondensāta izdalīšanās. Tā kā lielāks ūdens tvaiku spiediens par piesātināta tvaika spiedienu nav iespējams, tad nepiesātinātā tvaika līknē (nepārtrauktā līnija) veidojas lūzums pie tās virsmas, uz kuras izdalās kondensāts (kondensāta izdalīšanās tikai uz vienas robežvirsmas).

Mitruma difūzijas plūsma ir vērsta no iekštelpas uz kondensēšanās vietu. Tās lielums ir aprēķināms pēc formulas:

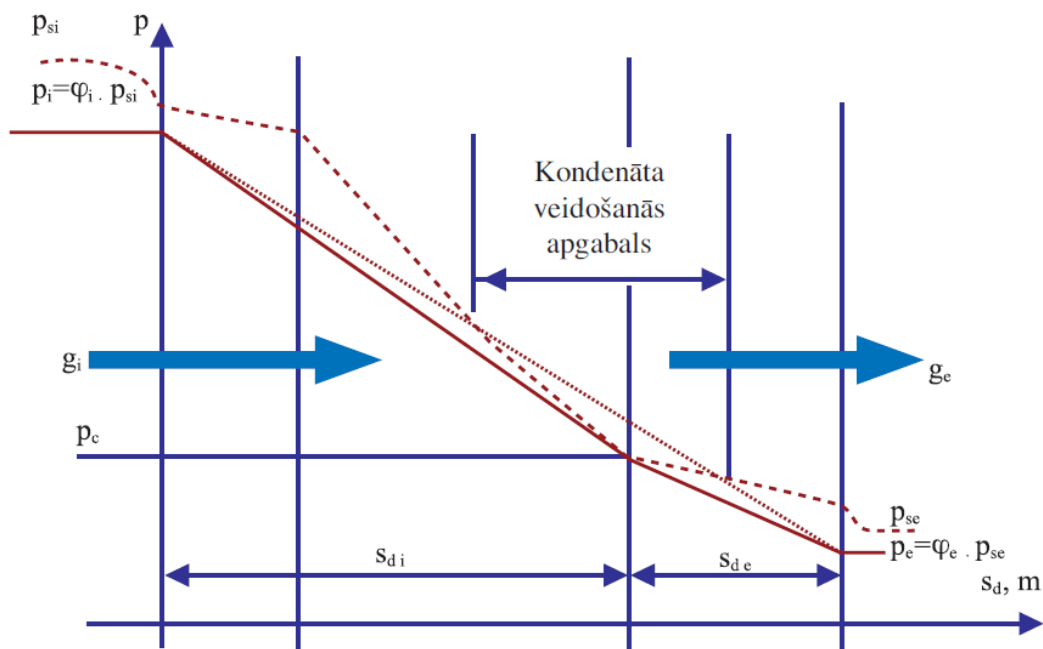
$$g_i = \delta_0 \frac{p_i - p_c}{s_{d i}}, \quad (4.3)$$

kur g_i – mitruma plūsma no telpas iekšienes uz kondensācijas vietu, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;
 p_i – nepiesātināta tvaika spiediens telpā, Pa;
 p_c – piesātināta tvaika spiediens uz kondensācijas virsmas, Pa;
 $s_{d i}$ – ūdens tvaiku difūzijas ekvivalents (iekštelpa: kondensācijas virsma), m.

Tālāk mitruma difūzijas plūsma turpinās no kondensēšanās vietas uz ārpusi. Tās lielums ir aprēķināms pēc formulas:

$$g_e = \delta_0 \frac{p_c - p_e}{s_{d e}}, \quad (4.4)$$

kur g_e – mitruma plūsma no kondensēšanās vietas uz ārpusi, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;
 p_e – nepiesātināta tvaika spiediens ārpusē, Pa;
 p_c – piesātināta tvaika spiediens uz kondensācijas virsmas, Pa;
 $s_{d e}$ – ūdens tvaiku difūzijas ekvivalents (kondensācijas virsma : ārpusē), m.



3. att. Shematiska piesātināta (pārtraukta līnija) un nepiesātināta (nepārtraukta līnija) ūdens tvaika spiediena atkarība no ūdens tvaika difūzijas ekvivalenta S_d . Svītrpunktu līnija parāda, ka notiek kondensāta veidošanās (p_{si} , p_{se} – piesātināta ūdens tvaika spiediens iekšējā un ārējā; p_i , p_e – nepiesātināta ūdens tvaika spiediens iekšējā un ārējā; φ_i , φ_e – relatīvais gaisa mitrums iekšējā un ārējā, p_c – ūdens kondensāta piesātinātā tvaika spiediens; s_{di} , s_{de} – attiecīgi ūdens tvaiku difūzijas ekvivalents starp kondensāta veidošanās vietu un iekšējā vai ārējā; g_i , g_e – ūdens tvaiku difūzijas plūsmas).

Kondensāta uzkrāšanās ātrums g_c , $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ir:

$$g_c = g_i - g_e = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_c}{s_{di}} - \frac{p_c - p_e}{s_{de}} \right) \quad (4.5)$$

Kopējo uzkrāto kondensāta daudzumu M_a saskaņā ar standartu [7] aprēķina, katra mēneša kondensāta uzkrāšanas ātrumu, reizinot ar katra mēneša garumu un iegūtos kondensāta daudzumus summējot:

$$M_a = g_c \cdot t_m, \quad (4.6)$$

kur M_a – mēnesī uzkrātais kondensāta daudzums, kg/m^2 ;
 t_m – mēneša ilgums, s.

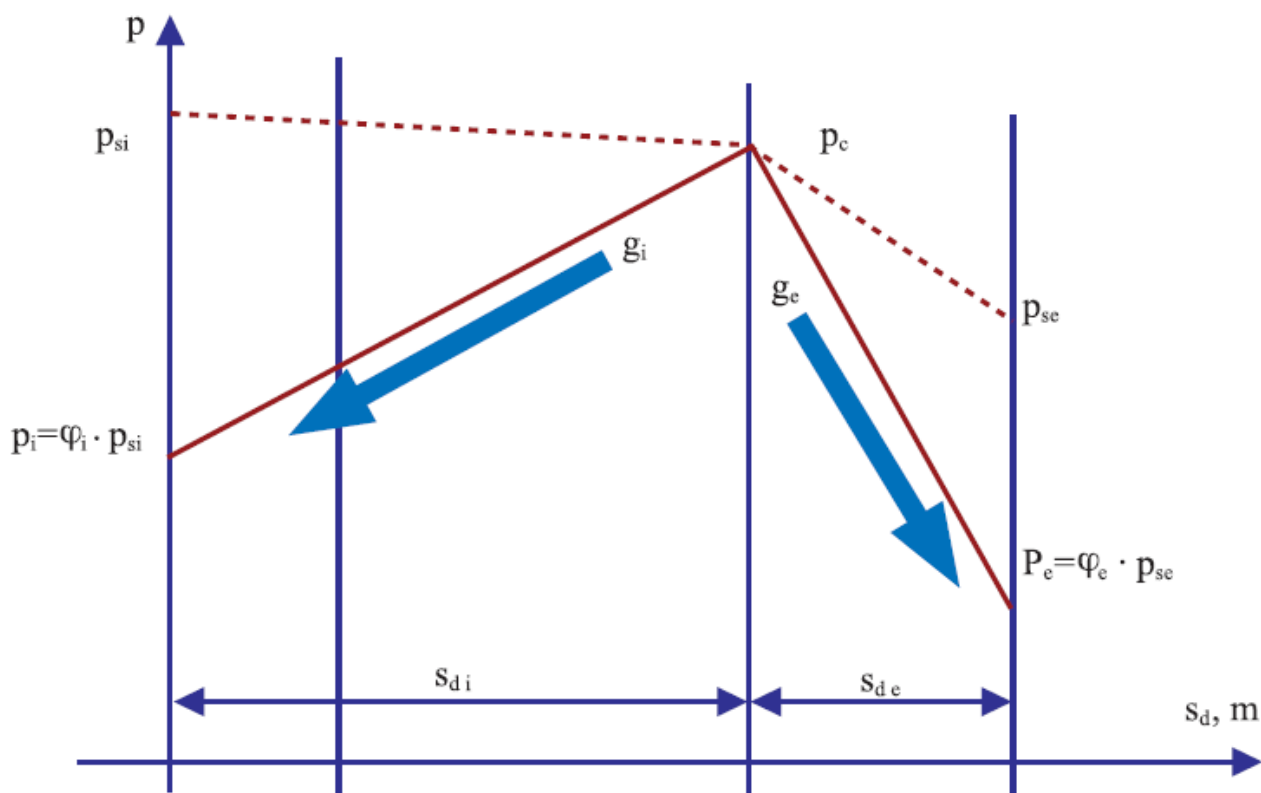
Kondensāta žūšana ēku sienās

No kondensāta veidošanās apgabala mitrums difundē uz ēkas sienas iekšējo (plūsma g_i) un ārējo (plūsma g_e) virsmu (4. att.).

Grafiski attēlojot nepiesātinātu ūdens tvaiku spiedienu atkarībā no ūdens tvaiku difūzijas ekvivalenta $p=f(s_d)$, iegūst lauztu līniju (4. att.; nepārtrauktā līnija). Šajās pašās koordinātās attēlojot arī piesātināta ūdens tvaika spiediena atkarību no s_d (pārtrauktā līnija), var veikt kondensāta žūšanas analīzi ēku sienās. No virsmas, uz kuras kondensāta izdalīšanās laikā ir sakrājis mitrums,

tas žūšanas periodā pārvietojas uz ēku sienu virsmām. Mitruma plūsmas g_i un g_e aprēķina pēc formulām (4.3., 4.4.; g_i šeit ņem ar pozitīvu zīmi). Būvelementā ar vairākām kondensācijas plaknēm iztvaikošanas ātrumu rēķina atsevišķi katrai kondensācijas plaknei.

Kopējā kondensāta daudzumā (bilancē) žūšanas mitruma daudzums summējas ar negatīvu zīmi. Ja gada kopējā kondensāta bilance nav pozitīva, tad kondensāts vasaras periodā izžūst.



4. att. Shematiska piesātināta (pārtraukta līnija) un nepiesātināta (nepārtraukta lauztā līnija) ūdens tvaika spiediena atkarība no ūdens tvaika difūzijas ekvivalenta S_d (p_{si} , p_{se} – piesātināta ūdens tvaika spiediens iekštelpā un ārpusē; p_i , p_e – nepiesātināta ūdens tvaika spiediens iekštelpā un ārpusē; φ_i , φ_e – relatīvais gaisa mitrums iekštelpā un ārpusē, p_c – ūdens kondensāta piesātinātā tvaika spiediens; s_{di} , s_{de} – attiecīgi ūdens tvaiku difūzijas ekvivalents starp kondensāta veidošanās vietu un iekštelpu vai ārpusi; g_i , g_e – attiecīgi mitruma plūsmas no kondensāta veidošanās vietas uz iekštelpu vai ārpusi).

Mitruma kondensācijas aprēķina rezultātā ir iespējami trīs novērtēšanas iznākumi:

- 1) Nevienā no mēnešiem nevienā slāņu robežā kondensācija nav novērota. Šajā gadījumā konstrukcija tiek uzskatīta par brīvu no kondensācijas;
- 2) Kondensācija notiek vienā vai vairākās plaknēs, bet viss kondensāts, kas uzkrājas ziemā, iztvaiko vasaras mēnešos. Šajā gadījumā ir jāparāda maksimālais uzkrātais kondensāta daudzums un mēnesis, kurā tas tiek novērots. Ir jānovērtē materiālu bojāšanās risks un būvelementa termisko īpašību pasliktināšanās, kas ir saistīta ar aprēķināto maksimālo mitruma daudzumu.
- 3) Kondensāts vienā vai vairākās plaknēs pilnībā neizžūst vasaras mēnešos. Šajā gadījumā konstrukcija nav derīga ekspluatācijai. Ir jāparāda maksimālais uzkrātais kondensāta daudzums un mēneši, kad tas notiek, kā arī jānorāda paliekošā kondensāta daudzums pēc 12 mēnešiem.

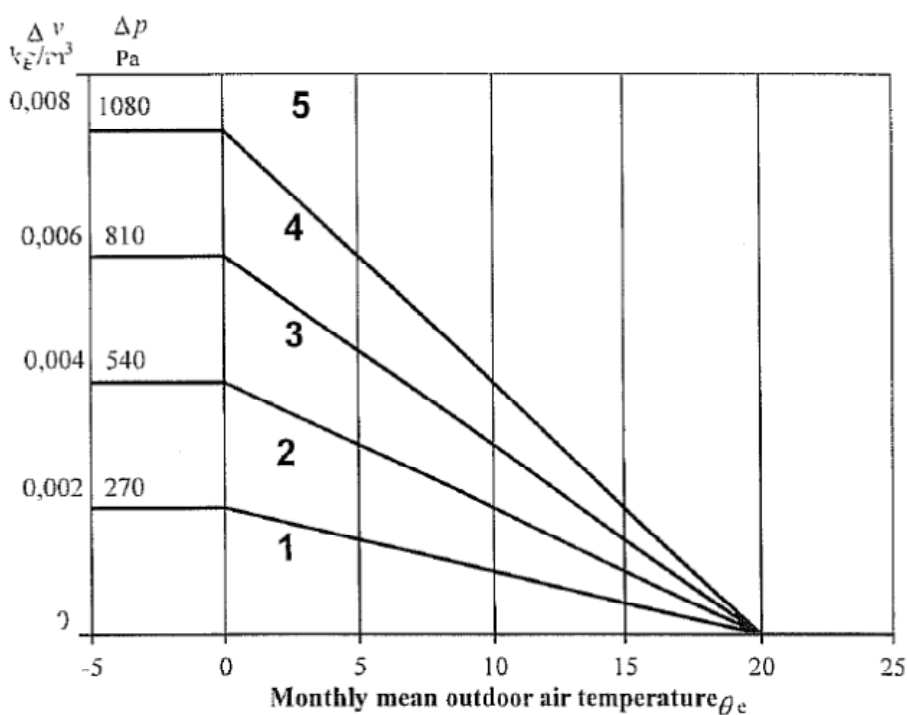
4.1.2. Aprēķina nosacījumi

Lai ēkas norobežojošajā konstrukcijā saskaņā ar EN ISO 13788 varētu prognozēt kondensāta veidošanās risku, jāzina ēkas ekspluatācijas mitruma apstākļi. Standartā ir paredzētas piecas ēku ekspluatācijas klases, kuru apraksts ir dots 3. tabulā.

Tabulas dati ir izstrādāti Rietumeiropas valstīm ar mēreno klimatu un to izmantošana nav obligāta. Aprēķinos var izmantot nacionālajos standartos noteiktos datus. Lai kompensētu metodes neprecizitātes, ir ieviests drošības koeficients 1,1 apmērā.

Tabula 3. Ēku iekštelpu ekspluatācijas mitruma klases saskaņā ar standartu EN ISO 13788

Ēku mitruma ekspluatācijas klases	Ēkas nozīme	Gaisa relatīvais mitrums pie iekštelpu temperatūras ⁹		
		15°C	20°C	25°C
1	Noliktavas	< 50	<35	<25
2	Biroju telpas, veikali	50-65	35-50	25-35
3	Dzīvokļi ar zemu apdzīvotības līmeni	65-80	50-60	35-45
4	Dzīvokļi ar augstu apdzīvotības līmeni, sporta zāles, virtuves, ēdnīcas; ēkas, apsildāmās ar gāzes sildītājiem bez dūmgāžu novadīšanas	80-95	60-70	45-55
5	Speciālās nozīmes ēkas, piemēram, veļas mazgātavas, baseini, alus darītavas	>95	>70	>55



5. att. Mitruma klases atkarībā no ārējā gaisa temperatūras saskaņā ar EN ISO 13788

⁹ Gaisa relatīvā mitruma sadalījums no prezentācijas „New Models for Interstitial Condensation”, Chris Sanders, BRE Scotland”.

Mitruma režīma aprēķinu veic sekojošā secībā:

- a) aprēķina katra slāņa un konstrukcijas kopējo termisko pretestību;
- b) aprēķina katra slāņa un konstrukcijas gaisa difūzijas ekvivalentu;
- c) aprēķina temperatūras sadalījumu konstrukcijā;
- d) atkarībā no temperatūras sadalījuma nosaka piesātināto ūdens tvaiku spiedienu p_{sat} un parāda to grafiski atkarībā no gaisa difūzijas ekvivalenta;
- e) nosaka visu mēnešu vidējās temperatūras, relatīvo gaisa mitrumu un ārējā gaisa parciālo spiedienu p_e , Pa;
- f) nosaka ārējā un iekšējā gaisa ūdens tvaiku parciālo spiedienu starpību Δp , drošības nolūkos palielinot to 1,1 reizi.
- g) aprēķina iekšējā gaisa ūdens tvaiku parciālo spiedienu p_i , Pa;
- h) grafikā, kur ir parādīta piesātinātā tvaika spiediena atkarība no gaisa difūzijas ekvivalenta, atzīmē iekšējā un ārējā gaisa spiedienu un savieno tos ar taisnu līniju;
- i) analizē grafiku;
- j) ja konstrukcijā notiek kondensācija, aprēķina kondensācijas ātrumu;
- k) aprēķina mēnesī uzkrātā kondensāta daudzumu;
- l) aprēķina kondensāta iztvaikošanas ātrumu. Ziemas laikā uzkrātam kondensātam obligāti jāiztvaiko vasaras mēnešos. Šajā gadījumā jānovērtē materiālu bojāšanas risks un būvelementa termisko īpašību pasliktināšanas, kas ir saistīta ar aprēķināto maksimālo mitruma daudzumu.

4.1.3. Standarta EN ISO 13788 aprēķina metodes pieņēmumi

Aprēķinos pieņem viendimensijas plūsmu stacionārā režīmā. Gaisa plūsma caur būvelementiem vai būvelementos un dažāda veida spraugām un plaisām netiek ņemta vērā.

Metode balstās uz pieņēmumu, ka materiālos esošais būvniecības vai tehnoloģiskais mitrums ir izžuvis. Materiālu īpašības mitruma ietekmē ir nemainīgas. Ūdens uzsūce un kapilārā pārnese netiek ņemta vērā.

Reālos ēkas ekspluatācijas apstākļos mainās vairāki faktori: mainās ārējā gaisa temperatūra, mainās saules radiācija, mitruma kondensāciju uz virsmas var ietekmēt materiālu higroskopiskās īpašības un mainīgā siltuma padeve telpā. Aprēķinos netiek ņemta vērā arī iemītnieku uzvedība.

4.2. Glāzera metode saskaņā ar Vācijas DIN 4108-3 aprēķina metodiku

Glāzera metode pēc DIN 4108-3 (Deutsches Institut für Normung e.V.¹⁰) [14] aprēķina metodikas būtiski neatšķiras no EN ISO 13788 [7] aprēķina metodikas, jo ISO standarts ir veidots uz DIN 4108-3 aprakstītās Glāzera metodes pamatprincipiem.

Uz DIN 4108-3 Glāzera metodi ir attiecināmi visi tie paši aprēķinu pieņēmumi, kas ir atrunāti EN ISO 13788 standartā.

Būtiskā atšķirība ir iekštelpas un ārējās vides izejas datos. Saskaņā ar DIN Glāzera metodi ir definēti konkrēti vides parametri, pēc kuriem tiek veikts aprēķins (skat, 4.tabulu).

DIN 4108-3 Glāzera metode ir vienkāršāks mitruma režīma novērtējuma paņēmiens būvkonstrukcijās no nepieciešamo ievaddatu aspekta. Taču ir jāņem vērā, ka DINā definētie vides

¹⁰ Vācijas standartizācijas institūts

parametri ir izstrādāti atbilstoši Vācijas klimatiskajiem datiem un nevar būt tieši saistoši, kā citu valstu vides parametri.

Tabula 4. Vides parametri saskaņā ar DIN 4108-3

Apkures periods		Žūšanas periods	
Iekštelpas temperatūra, °C	+20	Iekštelpas temperatūra, °C	+12
Ārējās temperatūra, °C	-10	Ārējās temperatūra, °C	+12
Iekštelpas gaisa relatīvais mitrums, %	50	Iekštelpas gaisa relatīvais mitrums, %	70
Āra gaisa relatīvais mitrums, %	80	Āra gaisa relatīvais mitrums, %	70
Perioda ilgums, stundās	1440	Perioda ilgums, stundās	2160

4.3. Fokina – Vlasova metode ¹¹

Fokina-Vlasova metode ir grafoanalītiskā metode, kura balstās uz ūdens tvaiku parciālā spiediena sadalījuma konstrukcijā salīdzināšanu ar piesātinātā ūdens tvaika spiediena sadalījumu.

Fokina-Vlasova metodē mitruma režīma aprēķinu veic pie ārējā gaisa apkures aprēķina temperatūras, kas tiek novērotā samērā īsos laika posmos, un cenšas panākt, lai konstrukcija vienmēr būtu brīva no kondensāta. Konstrukcijā nav kondensācijas ja katrā no šķērsriezuma punktiem parciālais spiediens ir mazāks par piesātinātā tvaika spiedienu (Fokina-Vlasova metode).

Konstrukcijas mitruma režīma novērtējumu veic, izmantojot slāņa pretestības tvaika caurlaidības jēdzienu. Materiāla tvaika caurlaidības koeficients (δ) rāda, cik miligramu ūdens tvaika izplūst caur 1 m bieza materiāla slāni 1 m² sekundē (vai stundā), ja ūdens tvaika parciālo spiedienu starpība uz pretējām virsmām ir 1 Pa.

Ņemot vērā, ka Eiropas Savienības ietvaros ievēro Starptautiskās standartizācijas organizācijas (ISO) un Eiropas standartizācijas organizācijas (EN) izstrādātus standartus, tad Latvijā Fokina-Vlasova metode tiek izmantota ļoti minimāli un šobrīd nav uzkrāta liela pieredze darbā ar doto aprēķina metodi.

4.4. Standarta EN ISO 15026 aprēķina metodika

Standartā EN ISO 15026 [15] definētā metode balstās uz mitruma pārnese novērtēšanu ar skaitlisko modelēšanu. Aprēķina metodes pamatā ir siltuma un mitruma plūsmas novērtējums nestacionāra režīmā, ievērtējot lielāku parametru skaitu salīdzinājumā ar standartu EN ISO 13788.

Aprēķinu modelis paredz situācijas analīzi būvelementā pat ar vienas stundas intervālu.

Aprēķinā ņem vērā:

- sausu materiālu siltuma akumulāciju un absorbētā ūdens daudzumu;
- siltuma vadītspējas izmaiņas atkarība no mitruma;
- latentā siltuma pārnese ūdens tvaiku difūzijas veidā;
- mitruma pārnese šķidrās fāzes veidā (virsmas difūzija un ūdens kapilārā pārnese);
- mitruma pārnese ar konvekciju;
- iekštelpu un āra gaisa temperatūras svārstības;
- iekštelpu un āra gaisa relatīvā mitruma svārstības;

¹¹ Metodi apmācības procesā izmanto Rīgas Tehniskās universitātes Būvniecības fakultātē

- saules un garo viļņu starojumu;
- nokrišņu daudzumu (normāls un tiešais lietus uz virsmas);
- vēja ātrumu un tā virzienu.

Izmantojot aprēķina metodiku, var novērtēt:

- konstrukcijas sākotnējā mitruma žūšanas procesu;
- mitruma akumulāciju konstrukcijā no difūzijas plūsmas kondensācijas ziemas laikā;
- mitruma iespiešanos būvelementā no lietus iedarbības uz virsmu;
- būvelementa ārējās virsmas kondensāciju konstrukcijas atdzišanas laikā ko rada garo viļņu starojums (nakts laikā);
- mitruma pārnese un iztvaikošanas radītus siltuma zudumus.

Neskatoties uz lielāku izejas datu izmantošanu, arī dotajā metodikā ir vairāki nosacījumi, kas netiek ievērtēti aprēķinā:

- mitruma un siltuma pārnese konvektīvā veidā;
- mitruma pārnese gravitācijas, spiedienu atšķirības rezultātā kā arī elektrokinētiskie un osmozes efekti;
- savstarpēji atkarīga sāls un ūdens pārnese;
- entalpijas pārnese no ūdens šķidrās fāzes pārnese temperatūras atšķirības ietekmē.

Izmantojot doto aprēķina metodiku, ir iespējams iegūt precīzākus jeb reālajai situācijai atbilstošus rezultātus.

Par katru no būvelementa sastāvā esošo materiālu nepieciešams zināt vairākus parametrus [18]:

- a) tilpummasa (ρ)
- b) porainība (ϵ)
- c) īpatnējā siltumietilpība (c_p)
- d) siltumvadītspējas koeficients (λ)
- e) mitruma akumulācijas funkcija
- f) ūdens tvaika caurlaidība (δ_p)
- g) ūdens absorbcijas koeficients (A)
- h) references vērtības

Kopumā var izmantot līdz pat 10 ārējās vides robežnosacījumiem:

- 1) temperatūra;
- 2) relatīvais gaisa mitrums, mitruma saturs;
- 3) gaisa spiediens;
- 4) Saules starojums
- 5) vēja ātrums;
- 6) vēja virziens;
- 7) horizontālais lietus;
- 8) garo viļņu starojums;
- 9) mākoņainības indekss;
- 10) ūdens sūces.

Nemot vērā lielo izejas datu apjomu, aprēķinus pēc dotā standarta metodikas praktiski ir iespējams veikt vienīgi izmantojot aprēķinu datormodeli.

Pasaulē ir izstrādāti vismaz 14 analītiskie aprēķina modeļi, taču daļa no tiem vairāk netiek attīstīti [18]. Uz doto brīdi vislabāk ir attīstīti un plašāk tiek izmantoti sekojoši datormodeļi:

- **WUFI** [19]
- **DELPHIN** [20]
- **GLASTA** [21]

Pilnvērtīgāko būvelementa analīzes informāciju iespējams iegūt, izmantojot WUFI programmas. No publiski pieejamās informācijas var secināt, ka Latvijā netiek izmantota neviena no minētajām programmām (licenzēta versija). Vienas WUFI vai DELPHIN programmas izmaksas sastāda aptuveni 3000 Euro.

No aprēķinu precizitātes aspekta ir jāņem vērā, ka jebkurā gadījumā Latvijas situācijā ar dotajiem aprēķina datormodeļiem šobrīd iegūstamie rezultāti būs tikai tuvināti, jo par Baltijas reģionu nav pieejami klimatiskie dati, kā arī nepieciešamā informācija par tipveida norobežojošo konstrukciju materiālu raksturlielumiem.

4.5. Pelējuma sēnīšu augšanas riska novērtējums

Kritisko virsmu relatīvo mitrumu, kas izsauc pelējuma sēnīšu un korozijas risku, nosaka saskaņā ar standartu LVS EN ISO 13788 [7]. Tiek uzskatīts, ka sēnīšu augšanas risks pastāv, ja virsmas mitrums vairākas dienas pēc kārtas pārsniedz 80%, bet korozijas risks pastāv, ja virsmas mitrums vairākas dienas pēc kārtas pārsniedz 60%. Sēnīšu augšanas riska novērtējums balstās uz temperatūras faktoru aprēķinu un salīdzināšanu.

Temperatūras faktoru aprēķina katram mēnesim un izvēlas kritisko mēnesi. Kritiskais mēnesis ir mēnesis ar lielāko nepieciešamo aprēķina temperatūras faktoru $f_{Rsi.min}$. Šī mēneša temperatūras faktoru sauc par maksimālo temperatūras faktoru $f_{Rsi.max}$. Norobežojošā konstrukcija vienmēr ir jāprojektē tā, lai $f_{Rsi.max}$ tiek pārsniegts, t.i., $f_{Rsi} > f_{Rsi.max}$.

Konkrētai ēkas norobežojošajai konstrukcijai f_{Rsi} var noteikt, izmantojot formulu:

$$f_{Rsi} = \frac{U^{-1} - R_{SI}}{U^{-1}} \quad (4.7)$$

kur:

U – norobežojošās konstrukcijas siltuma caurlaidības koeficients, W/m² K;

R_{si} – iekšējās virsmas siltuma zudumu pretestība, m² K/W;

Pelējuma sēnīšu augšanas risku novērtējumu saskaņā ar LVS EN ISO 13788 aprēķina šādā secībā:

- 1) Nosaka visu mēnešu vidējās temperatūras;
- 2) Nosaka ārējā gaisa mitruma saturu vai ūdens tvaika spiedienu;
- 3) Nosaka iekšējās virsmas temperatūru, atbilstoši pieņemtajai nacionālajai praksei;
- 4) Aprēķina iekšējā gaisa ūdens tvaika spiedienu;
- 5) Aprēķina minimālo pieļaujamo piesātinātības ūdens tvaiku spiedienu, izmantojot maksimālo pieļaujamo mitrumu.
- 6) No minimāli pieļaujamā piesātinātā gaisa mitruma satura (piesātinātā ūdens tvaika spiediena) nosaka minimālo pieļaujamo virsmas temperatūru;

- 7) Izmantojot iekšējā un ārējā gaisa temperatūras un iepriekš noteikto minimālo pieļaujamo virsmas temperatūru nosaka minimālu temperatūras faktoru $f_{R_{si.min}}$ konkrētajam mēnesim;
- 8) No aprēķina temperatūras faktoriem izvēlas lielāko $f_{R_{si.max}}$ un salīdzina to ar norobežojošās konstrukcijas temperatūras faktoru $f_{R_{si}}$, nosakot, vai pastāv sēnīšu augšanas vai korozijas risks.

„Vieglām” konstrukcijām¹² aprēķins ir jāveic, papildus ievērtējot drošības koeficientus (plašāks apraksts pieejams [7]).

4.6. Secinājumi par konstrukciju mitruma režīma novērtējuma metodēm

- Glāzera metode mūsdienās netiek uzskatīta par novērtējuma metodi, kura sniedz reālajiem konstrukcijas ekspluatācijas apstākļiem pietuvinātus rezultātus.
- Mūsdienās ir pieejamas daudz precīzākas konstrukciju mitruma režīma novērtējuma metodes, kuras balstās uz analītiskās analīzes modeļiem, taču dotās metodes ir salīdzinoši komplicētas un to veikšanai ir nepieciešamas priekšzināšanas.
- Glāzera metodes rezultāti vairumā gadījumos ir pietiekami ticami un ikdienas būvprakses gadījumos ir visplašāk izmantojamā metode, jo ar tās palīdzību rezultātus ir iespējams iegūt, neizmantojot ļoti lielu izejas datu apjomu.
- Analītiskās analīzes metodes ir ieteicams izmantot specifiskos gadījumos, kuros ir nepieciešama ļoti detalizēta analīze. Piemēram, DIN 4108-3 [14] paredz Glāzera metodes pielietojumu, bet iesaka analītiskās analīzes metodes izmantot sekojošos gadījumos:
 - Lai novērtētu konstrukciju žūšanas un nokrišņu mitrumu;
 - Zaļajos jumtos;
 - Pie nestandarta iekštelpas vai ārējās vides mikroklimata parametriem. [22]

¹² Piemēram, koka karkasa konstrukcijas.

5. Tipveida projektu ārsienu konstrukciju siltumtehnikais raksturojums

5.1. Tipveida projektu norobežojošo konstrukciju siltumtehnikais raksturojums

Latvijas dzīvojamajam fondam piemīt specifika iezīme – tipveida dzīvojamo ēku grupas, kuru celšanā ir izmantotas identiskas detaļas ar vienādiem energopatēriņa parametriem. Sērijveida ēku tips parasti tiek raksturots ar tipa numuru, piemēram, 103., 104., 119., 318., 464., 467., 602. Sērijas ēkas [23]. Papildus sērijveida ēku tipa numurveida apzīmējumiem ir izmantoti arī vārdiskie apzīmējumi, piemēram, Staļina laika projekts, Brežņeva laika projekts, Čehu projekts, Franču projekts.

No Latvijas dzīvojamā fonda kopplatības pēc stāvokļa uz 2011. gada janvāri [23], [24] industriāli celtās daudzdzīvokļu sērijveida dzīvojamās ēkas sastāda vairāk nekā 50% (skat., 7.att).



Franču projekts¹³



Čehu projekts¹⁴

6. att. Ēku tipveida projektu piemēri

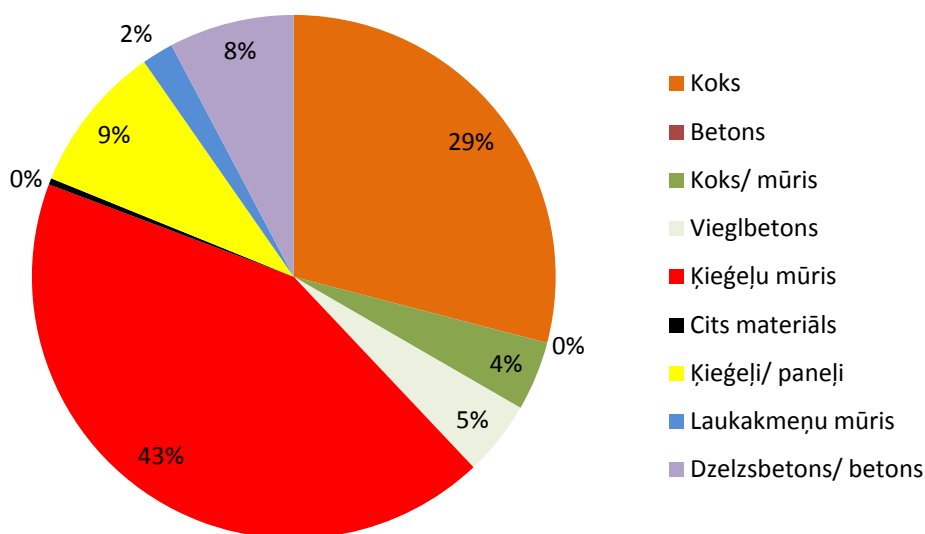
Tomēr jāņem vērā, ka arī vienas sērijas ēku vidū var būt novirzes to siltumtehnikajiem parametriem, kas izskaidrojams ar būvorganizāciju darba kvalitāti, konstrukciju un izmantoto materiālu atšķirībām – tie ir ražoti dažādos laikos, ražošanā izmantoti atšķirīgi izejmateriāli, atsevišķu konstrukciju detaļas var būt atšķirīgas [23].

Ir konstatēts, ka lielpaneļu ārsienu faktiskās termiskās pretestības ļoti bieži ir zemākas salīdzinājumā ar ēku projekta dokumentācijā norādītajām siltumtehnikajām vērtībām. Tas ir izskaidrojams ar faktu, ka pielietojamie vieglbetoni – keramzītbetons un gāzbetons ir ar augstāku tilpummasu, jo keramzītbetona masas veidošanai tika izmantots keramzīts ar palielinātas frakcijas granulām, kas palielina saistvielas apjomu konstrukcijā. Savukārt gāzbetona lielpaneļu izgatavošanā javai tika izmantotas nevis keramzīta smiltis, bet kvarca smiltis. Rezultātā lielpaneļu māju keramzītbetona ārsienu konstrukciju blīvums (tilpummasa) reāli ir 1250 – 1350, dažviet pat 1500 – 1600 kg/m³. Gāzbetona paneļu reālais blīvums ir 900 – 1000 kg/m³, projektos paredzēto 800 kg/m³ vietā [23].

¹³ Attēla avots: http://lv.wikipedia.org/wiki/Tipveida_dz%C4%ABvojam%C4%81_apb%C5%ABve_R%C4%ABg%C4%81

¹⁴ Attēla avots: <http://www.cityreal.lv/index.php?id=65&series=6&cHash=b7a8d4f731>

Vieglbetonu siltumvadītspējas koeficienta vērtībai ir tieša atkarība no materiāla tilpummasas t.i., paaugstinoties tilpummasai pieaug arī materiāla siltumvadītspēja.



7. att. Dzīvojamo ēku ārsienu būvniecībā pielietotā materiāla veidu sadalījums [24]

5.2. Tipveida projektu norobežojošo konstrukciju būvfizikālās vērtības

Latvijā nav uzkrāta liela mērījumu datu bāze par tipveida ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnikajiem rādītājiem. Ir pieejami dažu mērījumu dati, ko veikuši, piemēram, SIA "Procesu analīzes un izpētes centrs" darbinieki [25], [26].

Tabula 5. Ēku ārsienu siltuma caurlaidības koeficientu vērtības

Nr. p.k	Būvelementa raksturojums	Siltuma caurlaidības koeficients, $W/m^2 K$	Avots
1	Monolīts dzelzsbetona ārsienu panelis (uzlabotā 464. sērija)	0,8	[25]
2	Māla ķieģeļu siena (55 cm)	1,2	[25], [26]
3	Silikāta ķieģeļu siena (40 cm)	1,8	[25]
4	Keramzītbetona ārsienas panelis ¹⁵	1,1	[25]
5	Silikāta ķieģeļu siena (45 cm)	1,8	[26]
6	Keramzītbetona ārsienas panelis (30 cm)	2,0	[26]
7	Keramzītbetona ārsienas panelis (35 cm)	1,2	[26]

¹⁵ Publikācijas autori [25] nav norādījuši mērāmā paneļa biezumu. Iespējamais biezums 30-35 cm.

Savukārt citos literatūras avotos [23], uzrādītie dati balstās uz teorētiskiem datiem un neatspoguļo pēc tipveida projektiem būvētās ēkās izmantotos būvelementu siltumtehnikos rādītājus.

Latvijas būvnormatīvā LBN 002-01 pielikuma 7.tabulā uzrādītie materiālu siltumtehnikie raksturlielumi lielā apjomā satur standartā LVS EN ISO 10456 [8] uzrādītās vērtības. Līdz ar to LBN 002-01 nesatur, piemēram, keramzītbetona un gāzbetona materiālu siltumtehnikos parametrus.

Nemot vērā atbilstošās izejas datu informācijas trūkumu, darbā ir izmantoti dažādi informācijas avoti, lai iegūtu nepieciešamos izejas datus vajadzīgo aprēķinu veikšanai.

Tabula 6. Tipveida sēriju daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku ārsienu siltumtehnikie raksturlielumi [23]

Nr. p.k	Sērija/ projekts	Ārsienas būvelementa sastāvs	Tilpum masa, kg/m ³	Biezums, mm	Siltum vadītspējas koeficients, W/m K	Siltum vadītspējas koeficienta avots
1.	103.	Māla modulķieģeļi	1600	510	0,67	[23], [4]
2.	103.	Gāzbetons	900*	250	0,37	[27]
3.	104.	Dzelzsbetons	2500	20	2,04	[23]
		Keramzītbetons	1000*	100	0,45	[27]
		Dzelzsbetons	2500	100	2,0	[23]
4.	1-316.	Māla pilnķieģeļi	1800	380	0,81	[4], [27]
		Silikātķieģeļi	1800	120	0,87	[23], [4]
5.	1-318.	Silikātķieģeļi	1800	510	0,87	[23], [4]
6.	1-318.	Māla pilnķieģeļi	1800	380	0,81	[4], [27]
		Silikātķieģeļi	1800	120	0,87	[23], [4]
7.	464. ¹⁶	Keramzītbetons	1300*	300	0,58	[27]
8.	467. ¹⁷	Keramzītbetons	1300*	300	0,58	[27]
9.	467.	Gāzbetons	1000*	250	0,42	[27]
10.	119.	Keramzītbetons	1300*	300	0,58	[27]
11.	602.	Dzelzsbetons	2500	20	2,04	[23]
		Keramzītbetons	1000*	100	0,45	[27]
		Dzelzsbetons	2500	100	2,0	[23]
		Cementa-kaļķu-smilšu apmetums	1700	10	0,90	[4]
12.	Brežņeva	Silikātķieģeļi	1800	510	0,87	[23]
13.	Staļina	Māla pilnķieģeļi	1800	510 - 640	0,81	[4], [27]
14.	Franču	Paneli	n/d	n/d	n/d	n/d
15.	Čehu	Māla modulķieģeļi	1400	510	0,58	[23], [4]
		Gāzbetons	900 *	250	0,37	[27]

Piezīme:

*- tilpummasas dati koriģēti atbilstoši 5.1. nodaļas informācijai.

¹⁶ 1-464. A sērija – 464.A, 1-164.A-K/66 (464A/Л66).

¹⁷ 1-467. Sērija – 1-467. A-2K; 1-467 A-K.

Apkopojot tipveida sēriju daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku ārsienu būvelementu veidus, var secināt, ka no materiālu izmantošanas aspekta dažādās sērijās tiek izmantoti vieni un tie paši materiāli un ir iespējama to sagrupēšana pēc to veidiem t.i.,:

- a) silikātķieģeļi;
- b) māla pilnķieģeļi;
- c) māla moduļķieģeļi (dobie);
- d) kramzītbetons;
- e) gāzbetons;
- f) betons

Savukārt tas nozīmē, ka siltuma un mitruma režīma analīzi pietiekami var veikt tikai konkrētām būvmateriālu grupām, balstoties uz šo materiālu siltumtehnikajiem parametriem.

Attiecībā par tipveida ēku projektu ārsienu materiālu **ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienta vērtībām**, Latvijā nav veikts neviens pētījums un Latvijas būvpraksē tiek izmantoti vienīgi dažādu literatūras avoti dati. Tas savukārt nozīmē, ka aprēķinos var pastāvēt zināmas atšķirības, jo ir izmantoti atšķirīgi izejas dati.

Tabula 7. Ārsienu materiālu ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienti

Nr. p.k	Ārsienas būvelementa sastāvs	Tilpuma masa, kg/m ³	Ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficients, μ	Ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienta avots
1.	Māla moduļķieģeļi	1400 - 1600	10; 15	[27], [4]
2.	Māla pilnķieģeļi	1800	10; 15	[27], [4]
3.	Gāzbetons	900	7	[27]
4.	Keramzītbetons	1000 - 1300	10	[27]
5.	Betons	2500	50; 100	[27], [4]
6.	Silikātķieģeļi	1800	15; 25	[4], [28]
7.	Cementa-kaļķu-smilšu apmetums	1700	6	[4]

No materiālu datiem var secināt, ka to ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficientu vērtības ir aptuveni līdzīgas un svārstās robežās starp 10 un 25. Kā izņēmumu var uzskatīt betonu, kurš raksturojas ar augstāku ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienta vērtību t.i., vismaz 50.

6. Konstruktijas mitruma režīmu ietekmējošie apmetuma sistēmas rādītāji

6.1. Normatīvās prasības

Fasāžu siltināšanas sistēmās ārsienu konstrukciju mitruma režīma novērtējumā būtiska loma ir jāpievērš arī dekoratīvā apmetuma sistēmai. Kā jau tika minēts 3.4 nodaļā, tad apmetuma apdares materiāliem jāatbilst vairākām robežvērtībām, lai nodrošinātu, ka visa siltināšanas sistēma funkcionē siltumtehnikā pareizi.

Tabula 8. Ārsienu siltināšanas apmetuma sistēmas apdares materiālu būtiskie būvfizikālie rādītāji izmantojot EPS

Nr. p.k	Rādītājs	Mēr vienība	Robež vērtība
1.	Materiālu ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficients, μ	-	Netiek reglamentēta
2.	Ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalentā gaisa slāņa biezums, S_d	m	≤ 2 ¹⁸
3.	Ūdens tvaika caurlaidības spēja, V	$g/(m^2 \cdot d)$	> 20
4.	Kapilārā ūdens absorbcijas koeficients, W	$kg/(m^2 \cdot h^{0,5})$	$< 0,5$ ¹⁹

Standartā **LVS EN ISO 7783-2:2000** Krāsas un lakas – Pārklājumu materiāli un pārklājumu sistēmas ārējiem mūrēšanas darbiem un betonēšanai - 2.daļa: Ūdens tvaiku iedarbības noteikšana un klasifikācija” [29] ir noteiktas sekojošas apdares materiālu **ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalentā gaisa slāņa biezuma (S_d) un ūdens tvaika caurlaidības spējas (V) kategorijas:**

	S_d, m	$V, g/(m^2 \cdot d)$	
Kategorija I	$< 0,14$	> 150	ūdens tvaiku caurlaidība - liela
Kategorija II	$= 0,14 < 1,4$	$= 150 > 15$	ūdens tvaiku caurlaidība - vidēja
Kategorija III	$> 1,4$	< 15	ūdens tvaiku caurlaidība - zema

Savukārt apdares materiālu **kapilārā ūdens absorbcijas koeficienta (W)** vērtībām ir noteiktas sekojošas klases:

	$W, kg/(m^2 \cdot h^{0,5})$	
Kategorija I	$> 0,5$	liela absorbcija
Kategorija II	$= 0,5 > 0,1$	vidēja absorbcija
Kategorija III	$< 0,1$	zema absorbcija

¹⁸ Slāņa biezums 2-4 mm.

¹⁹ Pēc 24 stundu izturēšanas ūdenī.

6.2. Faktiskās apmetuma sistēmas materiālu vērtības

Lai novērtētu faktisko apmetuma sistēmas materiālu rādītājus, ir veikts Latvijas būvmateriālu tirgū plašāk pieejamo apmetuma sistēmas ražotāju/piegādātāju materiālu izvērtējums.

Datu analīze balstās uz publiski pieejamo informāciju - ražotāju Eiropas tehniskajiem apstiprinājumiem **ETA** uz atbilstību ETAG 004 prasībām.

Izvērtētās preču zīmes:

- a) **Sakret** (LV);
- b) **Atlas** (PL);
- c) **Caparol** (Eiropas ražotājs);
- d) **Baumit** (Eiropas ražotājs).

Ārsienu konstrukcijās ūdens tvaika plūsmas pretestību apmetuma sistēmas veido:

- armējošā kārtā,
- apmetuma java,
- grunts slānis,
- dekoratīvā krāsa.

Ražotāju Eiropas tehniskajos apstiprinājumos (ETA) tiek uzrādīta atsevišķa materiāla slāņa **ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficients (μ)** vai vairāku slāņu kopējā **ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalentā gaisa slāņa biezuma (S_d)** vērtība.

Tabula 9. Apmetuma sistēmas materiālu ūdens pārneses rādītāji [30], [31], [32]

Materiāls	Ražotājs	Ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficients (μ)	Ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalentā gaisa slāņa biezums (S_d)	Kapilārā ūdens absorbcijas klase
Līmēšanas un armēšanas java BAK	Sakret	$\leq 13,1$	n/d	W2
Siloksānu modificēta stirola-akrilāta ūdens dispersijas krāsa „Sakret FM”	Sakret	n/d	$< 0,14$	W3
AmphiSilan-Fassadenputze R,K (Capatect-SH-Strukturputze 626 un 629)	Caparol	n/d	$< 0,4$	W2
Līmēšanas un armēšanas līmjava „Capatect-Klebe- und Spachtelmasse 190”	Caparol	< 15	n/d	W2
Līmēšanas un armēšanas java „KlebeSpachtel S”	Baumit	~ 10	n/d	W2
Šķidrā stikla bāzes veidota minerālā krāsa „SilikatFarbe”	Baumit	40-60	0,01	n/d

Tabula 10. „Caparol” apmetuma sistēmas materiālu ūdens tvaika caurlaidības rādītāji [33]

Apmetuma sistēma	Apmetuma materiāls	Ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalentā gaisa slāņa biezums, S_d
Apmetuma sistēma: līmjava Capatect-Klebe-und Spachtelmasse 190 + šāds apmetums:	AmphiSilan-Fassadenputz R, K	≤1,0 (rezultāts priekš Capatect-Putzgrund 610 + AmphiSilan Fassadenputz K20, daļiņu izmērs 2,0 mm: 0,48 m)
	Capatect-Fassadenputz R, K	≤1,0 (rezultāts priekš Capatect-Putzgrund 610 + Capatect-Fassadenputz K20, daļiņu izmērs 2,0 mm: 0,34 m)
Apmetuma sistēma: līmjava Capatect-Klebe-und Spachtelmasse 190 + šāds apmetums:	Capatect-Mineral - Leichtputz R30(135)	≤1,0 (rezultāts priekš Capatect-Mineral-Leichtputz K20 (139), daļiņu izmērs 2,0 mm: 0,07 m) (rezultāts priekš Capatect-Mineral-Leichtputz K20 (139), daļiņu izmērs 2,0 mm + dekoratīvais pārklājums ThermoSan: 0,10 m) (rezultāts priekš Capatect-Mineral-Leichtputz K20 (139), daļiņu izmērs 2,0 mm + dekoratīvais pārklājums Amphibolin: 0,31 m)
	Capatect-Mineral - Leichtputz K (139/136)	
	Sylitol-Fassadenputz R, K	≤1,0 (rezultāts priekš Capatect-Putzgrund 610 + Sylitol-Fassadenputz K20 daļiņu izmērs 2,0 mm: 0,13 m)
Dekoratīvais pārklājums	Capatect Fassadenanstrich pamats: akrilāta saistviela	≤0,26
	Capatect Fassadenanstrich pamats: silikona, silikāta vai siloksāna saistviela	≤0,15

No ražotāju sniegtajiem datiem izriet, ka šā brīža apmetuma sistēmas materiāli ūdens tvaiku difūzijai ir daudz „atvērtāki” un ar uzviju izpilda normatīvās prasības t.i., nodrošina efektīvu ūdens tvaiku pārnesi ārējā vidē pie normāliem ēkas ekspluatācijas apstākļiem.

Savukārt kapilārā ūdens absorbcija (lietus ūdens) ir vidēja t.i., zem $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ un tas nozīmē, ka mitruma iekļūšana ārsienas konstrukcijā un, piemēram, siltumizolācijas materiāla periodiska samitrināšanās ir iespējama. Ja apdares sistēma ir ierīkota atbilstoši ražotāja ETAG 004, tad dotā mitruma slodze nav liela un nerada paliekošas negatīvās sekas.

7. Tipveida projektu norobežojošo konstrukciju mitruma režīma aprēķini

7.1. Mitruma režīma aprēķinu nosacījumi un rezultāti

- Ēkas izmantošanas raksturs – daudzdzīvokļu dzīvojamā māja.
- Ēku mitruma ekspluatācijas klases saskaņā ar LVS EN ISO 13788 [7]
 - **3. klase** – dzīvokļi ar zemu apdzīvotības līmeni;
 - **4. klase** – dzīvokļi ar augstu apdzīvotības līmeni, sporta zāles, virtuves, ēdnīcas; ēkas, apsildāmās ar gāzes sildītājiem bez dūmgāžu novadīšanas.
- Apkures perioda klimatiskie dati saskaņā ar LBN 003-01 [34];
- Analizējamie Latvijas ģeogrāfiskie punkti: Rīga, Liepāja, Daugavpils;
- Normatīvās norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības koeficienta vērtības saskaņā ar LBN 002-01 [4] pie iekštelpas temperatūras +20 °C;
 - Rīga – 0,285 W/m² K
 - Liepāja – 0,294 W/m² K
 - Alūksne – 0,261 W/m² K
- Ārsienu materiālu sākotnējais mitrums – atbilst materiāla līdzsvara mitrumam (ņemot vērā, ka aprēķinu veic tipveida daudzdzīvokļu ēku projektu norobežojošajām konstrukcijām, kuras tiek ekspluatētas jau vismaz 20 gadus, konstrukcijas ir sasniegušas savu līdzsvara mitrumu t.i., materiāli nesatur būvniecības mitrumu.

Savukārt mitrums, kas rodas no bojātām lietus ūdens notekcaurulēm, palodzēm vai nepareizi organizētas lietus ūdens novadīšanas no jumta ir uzskatāmi, kā defekti, kas nav pieļaujami ēku ārsienu daudzslāņu siltumizolācijas sistēmās ar apdari, kas ir saskaņā ar Eiropas tehnisko apstiprinājumu pamatnostādņēm ETAG 004 [13]. Dotās prasības ir attiecināmas arī uz esošo ārsienu, kuras tiek pakļautas papildu siltināšanai. Piemēram, saskaņā ar „Sakret” montāžas norādījumiem [35] siltināmās virsmas mitrums nevar pārsniegt 8 %.



8. att. Bojātas lietus ūdens notekcaurules radītie ārsienas bojājumi

Aprēķini veikti, izmantojot divus aprēķina modeļus:

- a) uz standarta EN ISO 13788 [7] bāzes Latvijā izstrādāta aprēķina datormodelis.²⁰
- b) aprēķina programma COND [16].

Aprēķini veikti 5 ārsienu konstruktīvo būvelementu risinājumiem, variējot ar desmit parametriem. Kopā izvērtējums veikt 300 variantiem.

Tabula 11. Ārsienu konstruktīvo būvelementu analizētie varianti

(+)	Cementa- kaļķu- smilšu apmetums, 15 mm	Māla moduļķieģeļi	510 mm	Siltumizolācija 120mm, 150 mm	Apmetuma sistēma 10 mm	(-)
		Māla pilnķieģeļi	510 mm			
		Keramzītbetons	300 mm			
		Gāzbetons	250 mm			
		Silikātķieģeļi	510 mm			

Tabula 12. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 70 un materiāla slānim 120 mm biezumā

Varianta Nr.	EPS marka	EPS biezums	Ēkas mitruma klase	Apmetuma S _d vērtība	Klimats
1.1	EPS 70	120 mm	3	0,25	Rīga
1.2	EPS 70	120 mm	3	0,25	Alūksne
1.3	EPS 70	120 mm	3	0,25	Liepāja
1.4	EPS 70	120 mm	3	0,50	Rīga
1.5	EPS 70	120 mm	3	0,50	Alūksne
1.6	EPS 70	120 mm	3	0,50	Liepāja
1.7	EPS 70	120 mm	4	0,50	Rīga
1.8	EPS 70	120 mm	4	0,50	Alūksne
1.9	EPS 70	120 mm	4	0,50	Liepāja
1.10	EPS 70	120 mm	3	0,75	Rīga
1.11	EPS 70	120 mm	3	0,75	Alūksne
1.12	EPS 70	120 mm	3	0,75	Liepāja
1.13	EPS 70	120 mm	4	0,75	Rīga
1.14	EPS 70	120 mm	4	0,75	Alūksne
1.15	EPS 70	120 mm	4	0,75	Liepāja

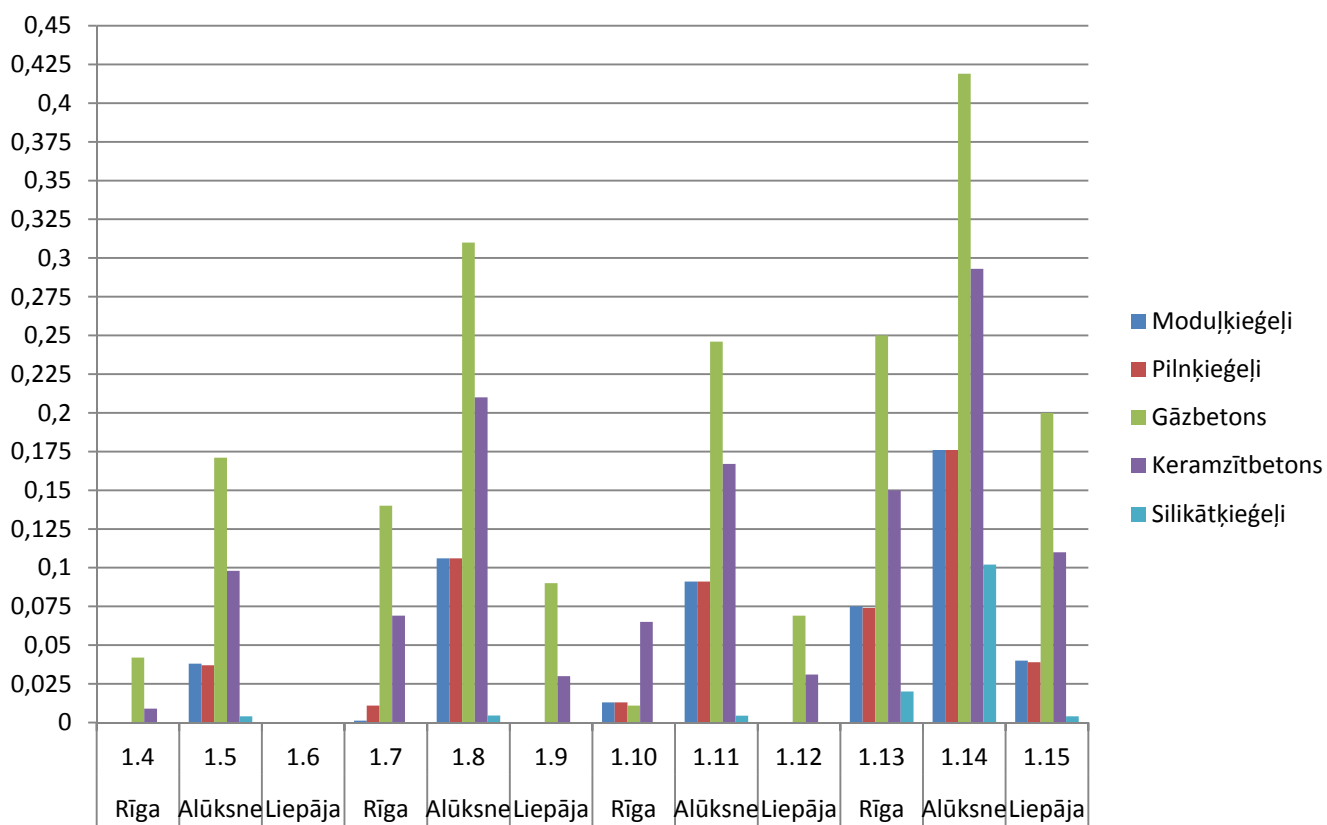
²⁰ Autori: Dr.habil.sc.ing. U.Iļjins, Mģ.sc.ing A. Vulāns

Tabula 13. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 70 ar slāņa biezumu 120 mm

	Māla modul ķieģeļi	Māla pilnķieģeļi	Gāz- betons	Keramzīt betons	Silikāt ķieģeļi
	A	B	C	D	E
Varianta Nr.	Apkures sezonas kondensāta daudzums, kg/m ²				
1.1	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-
1.3	-	-	-	-	-
1.4	-	-	0,042	0,009	-
1.5	0,038	0,037	0,171	0,098	0,004
1.6	-	-	0,01	-	-
1.7	0,012	0,011	0,14	0,069	-
1.8	0,106	0,106	0,31	0,21	0,045
1.9	-	-	0,09	0,03	-
1.10	0,013	0,013	0,011	0,065	-
1.11	0,091	0,091	0,246	0,167	0,044
1.12	0,001	0,00	0,069	0,031	-
1.13	0,075	0,074	0,25	0,15	0,02
1.14	0,176	0,176	0,419	0,293	0,102
1.15	0,040	0,039	0,20	0,11	0,004

Apzīmējumi: (-) – konstrukcija ir brīva no ūdens tvaika kondensāta apkures sezonā.

Skaitlis – norāda kondensāta daudzumu kg/m², kas veidojas apkures sezonas laikā.



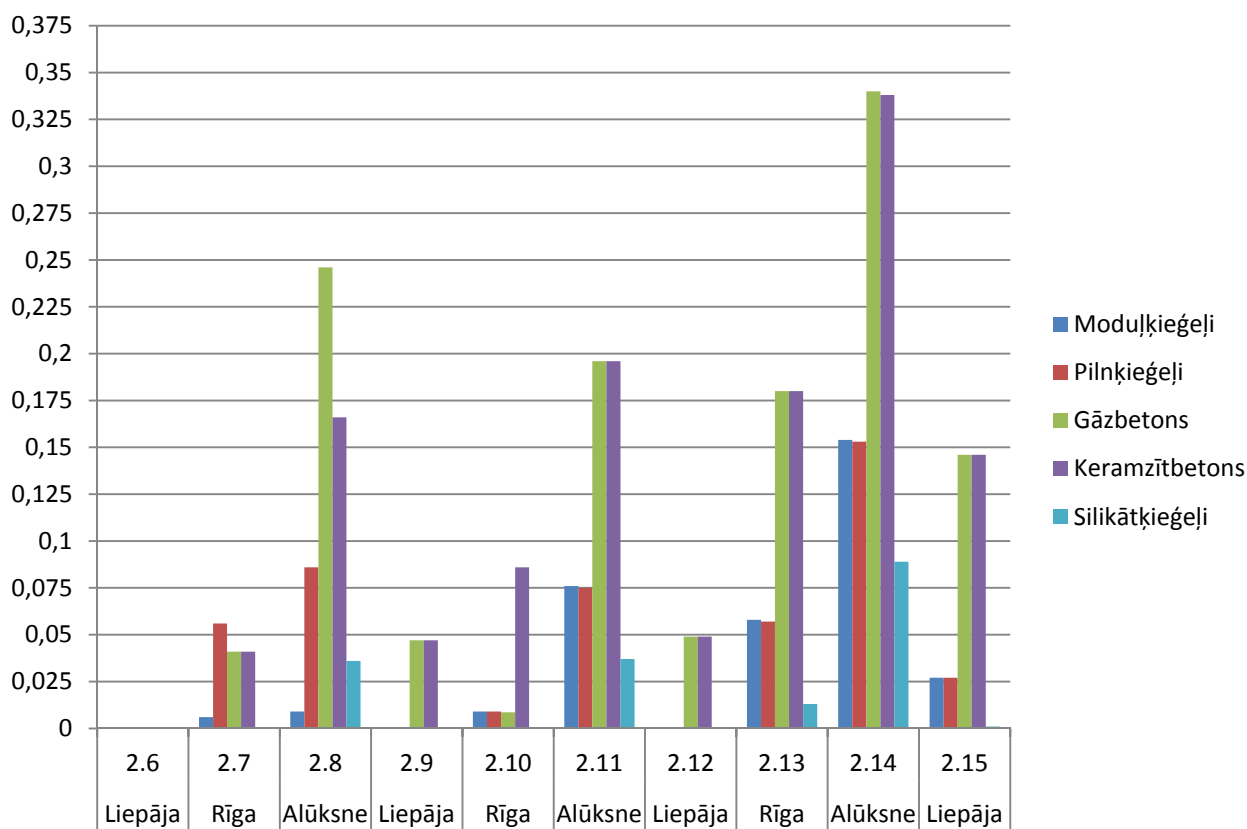
9.att. Kondensāta veidošanās intensitāte (kg/m^2) izmantojot priekšputoto putu polistirolu ar produkta klasi EPS 70, pie materiāla slāņa biezuma 120 mm.

Tabula 14. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 70 un materiāla slānim 150 mm biezumā

Varianta Nr.	EPS marka	EPS biezums	Ēkas mitruma klase	Apmetuma S_d vērtība	Klimats
2.1	EPS 70	150 mm	3	0,25	Rīga
2.2	EPS 70	150 mm	3	0,25	Alūksne
2.3	EPS 70	150 mm	3	0,25	Liepāja
2.4	EPS 70	150 mm	3	0,50	Rīga
2.5	EPS 70	150 mm	3	0,50	Alūksne
2.6	EPS 70	150 mm	3	0,50	Liepāja
2.7	EPS 70	150 mm	4	0,50	Rīga
2.8	EPS 70	150 mm	4	0,50	Alūksne
2.9	EPS 70	150 mm	4	0,50	Liepāja
2.10	EPS 70	150 mm	3	0,75	Rīga
2.11	EPS 70	150 mm	3	0,75	Alūksne
2.12	EPS 70	150 mm	3	0,75	Liepāja
2.13	EPS 70	150 mm	4	0,75	Rīga
2.14	EPS 70	150 mm	4	0,75	Alūksne
2.15	EPS 70	150 mm	4	0,75	Liepāja

Tabula 15. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 70 ar slāņa biezumu 150 mm

Varianta Nr.	Māla moduļķieģeļi	Māla pilnķieģeļi	Gāzbetons	Keramzīt betons	Silikātķieģeļi
	A	B	C	D	E
	Apkures sezonas kondensāta daudzums, kg/m^2				
2.1	-	-	-	-	-
2.2	-	-	0,003	-	-
2.3	-	-	-	-	-
2.4	-	-	0,016	0,001	-
2.5	0,015	0,016	0,074	0,074	0,002
2.6	-	-	-	-	-
2.7	0,006	0,056	0,041	0,041	-
2.8	0,009	0,086	0,246	0,166	0,036
2.9	-	-	0,047	0,047	-
2.10	0,009	0,009	0,086	0,086	-
2.11	0,076	0,075	0,196	0,196	0,037
2.12	-	-	0,049	0,049	-
2.13	0,058	0,057	0,18	0,18	0,013
2.14	0,154	0,153	0,34	0,338	0,089
2.15	0,027	0,027	0,146	0,146	0,001



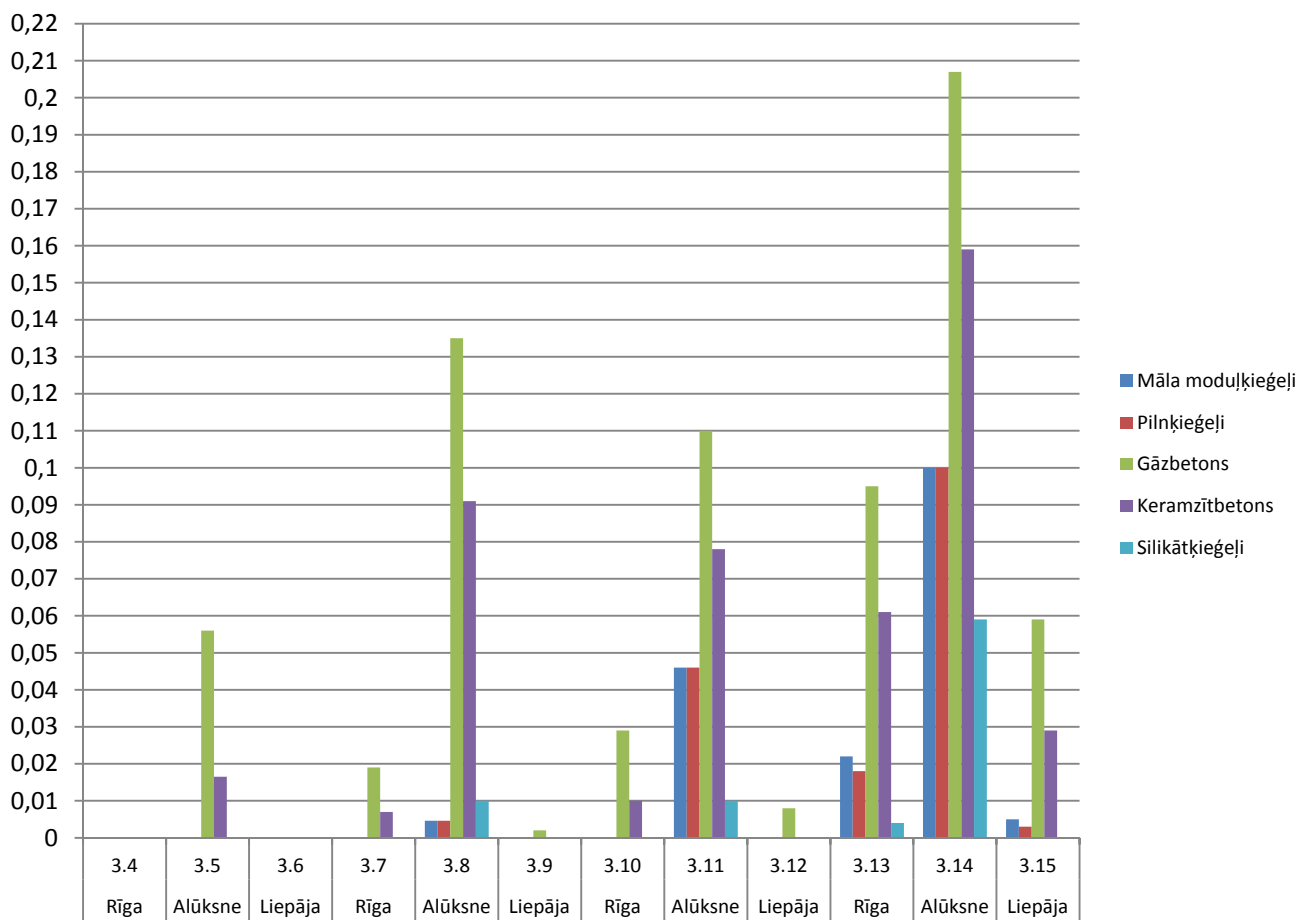
10.att. Kondensāta veidošanās intensitāte (kg/m^2) izmantojot priekšputoto putu polistirolu ar produkta klasi EPS 70, pie materiāla slāņa biezuma 150 mm.

Tabula 16. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 100 un materiāla slānim 120 mm biezumā

Varianta Nr.	EPS marka	EPS biezums	Ēkas mitruma klase	Apmetuma S _d vērtība	Klimats
3.1	EPS 100	120 mm	3	0,25	Rīga
3.2	EPS 100	120 mm	3	0,25	Alūksne
3.3	EPS 100	120 mm	3	0,25	Liepāja
3.4	EPS 100	120 mm	3	0,50	Rīga
3.5	EPS 100	120 mm	3	0,50	Alūksne
3.6	EPS 100	120 mm	3	0,50	Liepāja
3.7	EPS 100	120 mm	4	0,50	Rīga
3.8	EPS 100	120 mm	4	0,50	Alūksne
3.9	EPS 100	120 mm	4	0,50	Liepāja
3.10	EPS 100	120 mm	3	0,75	Rīga
3.11	EPS 100	120 mm	3	0,75	Alūksne
3.12	EPS 100	120 mm	3	0,75	Liepāja
3.13	EPS 100	120 mm	4	0,75	Rīga
3.14	EPS 100	120 mm	4	0,75	Alūksne
3.15	EPS 100	120 mm	4	0,75	Liepāja

Tabula 17. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 100 ar slāņa biezumu 120 mm

Varianta Nr.	Māla modulī ķieģeļi	Māla pilnķieģeļi	Gāz-betons	Keramzīt betons	Silikāt ķieģeļi
	A	B	C	D	E
	<i>Apkures sezonas kondensāta daudzums, kg/m²</i>				
3.1	-	-	-	-	-
3.2	-	-	-	-	-
3.3	-	-	-	-	-
3.4	-	-	-	-	-
3.5	-	-	0,056	0,016	-
3.6	-	-	-	-	-
3.7	-	-	0,019	0,007	-
3.8	0,004	0,004	0,135	0,091	0,01
3.9	-	-	0,002	-	-
3.10	-	-	0,029	0,01	-
3.11	0,046	0,046	0,11	0,078	0,01
3.12	-	-	0,008	-	-
3.13	0,022	0,018	0,095	0,061	0,004
3.14	0,10	0,10	0,207	0,159	0,059
3.15	0,005	0,003	0,059	0,029	-



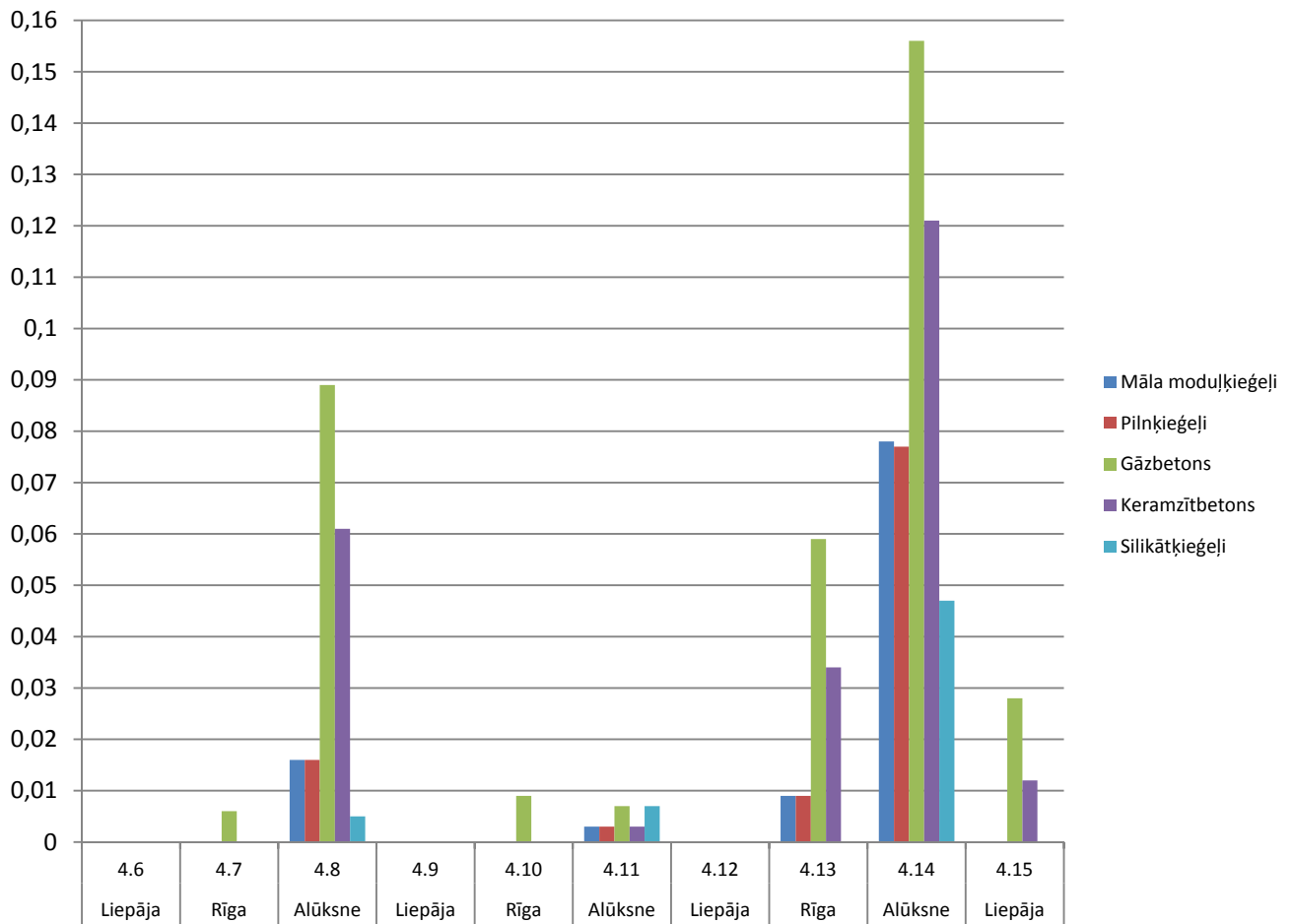
11.att. Kondensāta veidošanās intensitāte (kg/m^2) izmantojot priekšputoto putu polistirolu ar produkta klasi EPS 100, pie materiāla slāņa biezuma 120 mm.

Tabula 18. Analizētie varianti ar priekšputotā putu polistirola produkta klasi EPS 100 un materiāla slānim 150 mm biezumā

Varianta Nr.	EPS marka	EPS biezums	Ēkas mitruma klase	Apmetuma S_d vērtība	Klimats
4.1	EPS 100	150 mm	3	0,25	Rīga
4.2	EPS 100	150 mm	3	0,25	Alūksne
4.3	EPS 100	150 mm	3	0,25	Liepāja
4.4	EPS 100	150 mm	3	0,50	Rīga
4.5	EPS 100	150 mm	3	0,50	Alūksne
4.6	EPS 100	150 mm	3	0,50	Liepāja
4.7	EPS 100	150 mm	4	0,50	Rīga
4.8	EPS 100	150 mm	4	0,50	Alūksne
4.9	EPS 100	150 mm	4	0,50	Liepāja
4.10	EPS 100	150 mm	3	0,75	Rīga
4.11	EPS 100	150 mm	3	0,75	Alūksne
4.12	EPS 100	150 mm	3	0,75	Liepāja
4.13	EPS 100	150 mm	4	0,75	Rīga
4.14	EPS 100	150 mm	4	0,75	Alūksne
4.15	EPS 100	150 mm	4	0,75	Liepāja

Tabula 19. Aprēķinu kopsavilkums priekšputotā putu polistirola produkta klasei EPS 100 ar slāņa biezumu 150 mm

Varianta Nr.	Māla modul ķieģeļi	Māla pilnķieģeļi	Gāz- betons	Keramzīt betons	Silikāt ķieģeļi
	A	B	C	D	E
Varianta Nr.	Apkures sezonas kondensāta daudzums, kg/m^2				
4.1	-	-	-	-	-
4.2	-	-	-	-	-
4.3	-	-	-	-	-
4.4	-	-	-	-	-
4.5	-	-	0,016	0,008	-
4.6	-	-	-	-	-
4.7	-	-	0,006	-	-
4.8	0,016	0,016	0,089	0,061	0,005
4.9	-	-	-	-	-
4.10	-	-	0,009	-	-
4.11	0,003	0,003	0,007	0,003	0,007
4.12	-	-	-	-	-
4.13	0,009	0,009	0,059	0,034	-
4.14	0,078	0,077	0,156	0,121	0,047
4.15	-	-	0,028	0,012	-



12.att. Kondensāta veidošanās intensitāte (kg/m^2) izmantojot priekšputoto putu polistirolu ar produkta klasi EPS 100, pie materiāla slāņa biezuma 150 mm.

Aprēķinu kopsavilkums:

No aprēķinu rezultātiem var secināt, ka:

- a) analizētajos būvelementos ūdens tvaika kondensācijas risks nepastāv, ja iekštelpu mitrums nepārsniedz 3. mitruma klasi un apmetuma sistēmas ūdens tvaika pretestības difūzijas ekvivalentā gaisa slāņa biezums S_d nav lielāks par 0,25 m.
- b) viss vairāk ūdens tvaika kondensācijas procesi notiek būvelementos ar mazu ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienta (μ) vērtību un mazu materiāla biezumu (zem 300 mm).
- c) ūdens tvaika kondensācijas risks palielinās un tā veidošanās intensitāte pieaug samazinoties apdares sistēmas ūdens tvaika caurlaidībai un palielinoties iekštelpu mitrumam.
- d) analizētajos būvelementos izveidojušais ūdens tvaika kondensāts vasaras periodā izžūst, kā arī tā daudzums nepārsniedz DIN 4108-3 definētās kritiskās robežvērtības t.i., kondensāta daudzums nav lielāks par 1 kg/m^2 .²¹
- e) priekšputotais putu polistirols ar marku EPS 100 raksturojas ar augstāku ūdens tvaika difūzijas pretestības koeficienta (μ) vērtību, līdz ar to līdz ārējai videi difundē mazāks ūdens tvaiku daudzums, t.i., lielāka ūdens tvaika koncentrācija ir masīvajā būvelementā, salīdzinājumā ar putu polistirola EPS 70 izmantošanu ārsienu siltināšanai.
- f) iegūtie aprēķinu rezultāti ir atbilstoši standarta LVS EN 13499 [3] kondensāta veidošanās nosacījumiem būvelementos.

²¹ Attiecināms uz mūra elementiem.

7.2. Pelējuma sēnīšu augšanas riska aprēķins

Pelējuma sēnīšu augšanas riska aprēķins ir veikts ārsienu konstrukcijām, kuru siltuma caurlaidības koeficientu vērtības atbilst LBN 002-01 normatīvajām prasībām ievērtējot iekštelpu un ģeogrāfisko vietu meteo datus.

Aprēķini veikti pie sekojošām iekštelpu temperatūrām: 18⁰C, 19⁰C, 20⁰C, 25⁰C.

Aprēķinu rezultāti ir apkopoti 20. un 21. tabulā.

Tabula 20. Aprēķinu kopsavilkums Rīgas meto datiem pie 3.mitruma klases

Mēnesis	t _e , °C	φ _e	p _e , Pa	Δp, Pa	p _i , Pa	P _{sat} , Pa	t _{si} , min, °C	T _i , °C	f _{Rsi}
Janvāris	-4,7	0,85	350,2	891,0	1241,2	1551,5	13,55	20	0,739
Februāris	-4,3	0,82	349,3	891,0	1240,3	1550,4	13,54	20	0,734
Marts	-0,6	0,79	459,8	891,0	1350,8	1688,5	14,86	20	0,750
Aprīlis	5,1	0,73	640,9	663,8	1304,7	1630,9	14,32	20	0,619
Maijs	11,4	0,69	930,8	383,1	1313,9	1642,4	14,43	20	0,352
Jūnijs	15,4	0,72	1260,0	204,9	1464,9	1831,2	16,12	20	0,157
Jūlijs	16,9	0,76	1463,8	138,1	1601,9	2002,3	17,53	20	0,203
Augusts	16,2	0,78	1436,0	169,3	1605,3	2006,6	17,56	20	0,359
Septembris	11,9	0,81	1129,1	360,9	1490,0	1862,5	16,39	20	0,554
Oktobris	7,2	0,83	843,3	570,2	1413,5	1766,9	15,56	20	0,653
Novembris	2,1	0,86	610,6	760,4	1371,0	1713,8	15,09	20	0,726
Decembris	-2,3	0,86	434,3	891,0	1325,3	1656,6	14,56	20	0,756
Marts	-0,6	0,79	459,8	891,0	1350,8	1688,5	14,86	18	0,831
Decembris	-2,3	0,86	434,3	891,0	1325,3	1656,6	14,56	18	0,831
Marts	-0,6	0,79	459,8	891,0	1350,8	1688,5	14,86	19	0,789
Decembris	-2,3	0,86	434,3	891,0	1325,3	1656,6	14,56	19	0,792

Pēc aprēķina rezultātiem ir redzams, ka kritiskais mēnesis ir decembris, un tam ir aprēķina temperatūras faktors f_{Rsi} = 0,756.

Savukārt dotās konstrukcijas temperatūras faktors saskaņā ar 4.7 formulu ir:

$$f_{Rsi} = \frac{3,33 - 0,25}{3,33} = 0,925$$

Salīdzinot konstrukcijas temperatūras faktoru ar kritiskā mēneša temperatūras faktoru, var secināt, ka dotajai ār sienai ar 3. mitruma klases telpām pie Rīgas meteo datiem ar iekšējā gaisa temperatūru 18-20⁰C un drošības pakāpi 0,80, mitruma kondensācija uz ār sienas iekšējām virsmām nav iespējama.

Tabula 21. Aprēķinu kopsavilkums Daugavpils metodātiem pie 4. mitruma klases

Mēnesis	$t_e, ^\circ\text{C}$	φ_e	p_e, Pa	$\Delta p, \text{Pa}$	p_i, Pa	$P_{\text{sat}}, \text{Pa}$	$t_{\text{si}}, \text{min}, ^\circ\text{C}$	$T_i, ^\circ\text{C}$	f_{Rsi}
Janvāris	-6,7	0,85	314,5	1080,0	1394,5	1743,1	15,35	20	0,826
Februāris	-5,9	0,83	307,1	1080,0	1387,1	1733,9	15,27	20	0,817
Marts	-1,8	0,79	355,5	1080,0	1435,5	1794,4	15,80	20	0,808
Aprīlis	5,2	0,73	474,5	799,2	1273,7	1592,1	13,95	20	0,591
Maijs	12,1	0,70	686,0	426,6	1112,6	1390,8	11,88	20	-0,027
Jūnijs	15,7	0,72	907,2	232,2	1139,4	1424,3	12,24	20	-0,804
Jūlijs	16,9	0,75	1065,0	167,4	1232,4	1540,5	13,44	20	-1,115
Augusts	15,9	0,78	1084,2	221,4	1305,6	1632,0	14,33	20	-0,383
Septembris	11,2	0,83	913,0	475,2	1388,2	1735,3	15,28	20	0,464
Oktobris	6,1	0,85	705,5	750,6	1456,1	1820,1	16,03	20	0,714
Novembris	1,0	0,88	536,8	956,0	1492,8	1866,0	16,42	20	0,811
Decembris	-3,8	0,88	387,2	1080,0	1467,2	1834,0	16,15	20	0,838
Janvāris	-6,7	0,85	314,5	1080,0	1394,5	1743,1	15,35	18	0,893
Decembris	-3,8	0,88	387,2	1080,0	1467,2	1834,0	16,15	18	0,915
Janvāris	-6,7	0,85	314,5	1080,0	1394,5	1743,1	15,35	19	0,858
Decembris	-3,8	0,88	387,2	1080,0	1467,2	1834,0	16,15	19	0,875

Pēc aprēķina rezultātiem ir redzams, ka kritiskais mēnesis ir decembris, un tam ir aprēķina temperatūras faktors $f_{\text{Rsi}} = 0,838$.

Savukārt dotās konstrukcijas temperatūras faktors saskaņā ar 4.7 formulu ir:

$$f_{\text{Rsi}} = \frac{3,33 - 0,25}{3,33} = 0,925$$

Salīdzinot konstrukcijas temperatūras faktoru ar kritiskā mēneša temperatūras faktoru, var secināt, ka dotajai ārsienai ar 4. mitruma klases telpām pie Daugavpils meteo datiem ar iekšējā gaisa temperatūru $18-20^\circ\text{C}$ un drošības pakāpi 0,80, mitruma kondensācija uz ārsienas iekšējām virsmām nav iespējama.

Kopsavilkums:

Ja tipveida projektā daudzdzīvokļu māja ir nosiltināta atbilstoši LBN 002-01 prasībām, tad mitruma kondensācija uz ārsienas iekšējām virsmām nav iespējama, jo konstrukciju termiskā pretestība ir pietiekami augsta jeb ārsienas iekšējās virsmas temperatūra būs tikai par dažiem grādiem zemāka nekā iekšējās gaisa temperatūra. Savukārt ūdens tvaika kondensācijas risks uz virsmas pastāv ja virsmas temperatūra pie normāliem mikroklimata parametriem vairumā gadījumos ir zem 13°C grādiem.

Mitruma kondensācija ar daudz lielāku varbūtību ir iespējama uz logu virsmām un termisko tiltu vietās, jo dotajās vietās virsmas temperatūra vienmēr būs zemāka par ārsienas virsmas temperatūru.

8. Secinājumi

8.1. Ārsienas konstrukcijās, kuras atbilst tipveida daudzdzīvokļu dzīvojamu ēku raksturojumam un ir uzceltas laika posmā no 1950. - 1991. gadam, veicot to papildu siltināšanu ar uzputotā putu polistirola (EPS) plāksnēm, ievērojot ETAG 004 prasības, ūdens tvaika kondensācijas risks, kas ir novērtēts atbilstoši standarta LVS EN ISO 13788:2003 aprēķina metodikai, nepastāv.

8.2. Gadījumos, kad iekštelpu mikroklimata parametri pārsniedz normatīvās vērtības (+20°C, RH 60 % jeb 4. mitruma klase), apkures perioda laikā ir iespējama ūdens tvaika kondensāta veidošanās konstrukciju masīvā. Rezultātā radies kondensāts pilnībā izžūst vasaras periodā. Tādējādi kondensāta uzkrāšanās bilance nav pozitīva un būvelements atbilst LBN 002-01 V nodaļas prasībām.

8.3. Standarta LVS EN ISO 13788:2003 aprēķina metodikā nav ievērtēti vairāki būtiski faktori, kas faktiskajos ekspluatācijas apstākļos konstrukcijām, kas ir nosiltinātas ar uzputotā putu polistirolu, var radīt negatīvas sekas.

8.4. Lai nodrošinātu siltumtehnikai pareizu ar uzputotā putu polistirola plāksnēm nosiltinātas ārsienas konstrukcijas funkcionēšanu, ir nepieciešams ņemt vērā esošo mitruma satura daudzumu ārsienas konstrukcijā, izmantojamās apmetuma sistēmas tvaikcaurlaidības rādītājus, kā arī svarīga ir siltināšanas darbu veikšanas tehnoloģiju ievērošana.

8.5. Ja netiek ievēroti 8.4.punkta priekšnosacījumi, ārsienas konstrukcijās, kas nosiltinātas ar uzputotā putu polistirola izstrādājumiem, mitruma ietekmē var rasties dažādi siltumtehnikai un vizuāli bojājumi.

8.6. Veicot sēnīšu augšanas riska novērtējumu atbilstoši LVS EN ISO 13788:2003 aprēķina metodikai, ir secināts, ka uz ārsienas konstrukcijas, kas nosiltināta ar uzputotā putu polistirola plāksnēm, sēnīšu augšanas risks nepastāv.

Mitruma kondensācija ar daudz lielāku varbūtību ir iespējama uz logu virsmām un termisko tiltu vietās, jo dotajās vietās virsmas temperatūra vienmēr būs zemāka par ārsienas virsmas temperatūru.

8.7. Priekšputotā putu polistirola siltumizolācijas materiālu mitruma pārnese īpašības ir atšķirīgas (nevis sliktākas) no citiem siltumizolācijas materiāliem, piemēram, minerālvates vai celulozes šķiedras materiāli. Ir novērots, ka EPS materiālu izmantošanai ārsienas siltināšanā arī citās valstīs vairumā gadījumos tiek piešķirta divējāda nozīme. Taču bieži vien problēmas vērtējuma emocionālais aspekts nesakrīt ar dotās problēmas pētnieciskās izpētes rezultātiem [36].

No mitruma pārnesei procesa būtiskā EPS un minerālvates siltumizolācijas materiālu atšķirība ir laikam, kāds ir nepieciešams liekā mitruma izvadīšanai caur to. Publiski ir pieejami pētījumi un publikācijas, kurās ir apstiprināts tas, ka caur EPS materiāliem mitruma pārnese ir mazāk efektīva, taču tā nav tik maza, lai noliegtu dotā materiāla izmantošanu ārsienas daudzslāņu siltumizolācijas sistēmās ar apdari.

9. Ieteikumi

9.1. No būvfizikas procesu korektas atspoguļošanas aspekta svarīgi ir pareizi definēt un radīt izpratni sabiedrībā par visiem faktoriem, kas ietekmē funkcionāli pareizas siltināšanas sistēmas izveidošanu un ekspluatāciju. Šobrīd galvenais problēmjautājums ir saistīts ar EPS materiālu izmantošanu, taču, kā apliecina dotā darba rezultāti, tad bez dotā faktora būtiski ir ievērot arī citus ne mazāk svarīgus un bieži vien pat svarīgākus faktorus, piem., esošās konstrukcijas sākotnējo mitruma daudzumu, apmetuma sistēmas ierīkošanas kvalitāti, ēkas ekspluatācijas mitrumu u.c. Ir jāapzinās, ka nav ideālu materiālu. Ja EPS materiālu problemātika ir saistīta ar ūdens tvaiku difūziju, tad minerālvates siltumizolācijas materiāliem mitrumu radītās problēmas galvenokārt ir saistītas ar materiāla samitrināšanos un siltumvadītspējas palielināšanos.

9.2. Svarīgi ir turpināt iesākto sabiedrības izglītošanas procesu par pareizas ēku siltināšanas jautājumiem. Piemēram, lai nodrošinātu nepieciešamo izpratni par ETAG 004 piemērošanu, izmantojot dažādus siltumizolācijas materiālus (minerālvates, priekšputotu putu polistirolu) ieteicams izveidot informatīvu bukletu (ne prezentāciju), kurā konspektīvi ir apkopoti svarīgākie aspekti, kas jāņem vērā darbā ar ETAG 004.

Piemēram, bukletā iekļau skaidrojumu par apmetuma sistēmu ūdens tvaika un kapilārā ūdens absorbcijas rādītājiem, ražotāju piedāvāto materiālu datu apkopojumu, pamatbūvelementa pieļaujamā mitruma robežvērtības, iekštelpu mikroklimata un gaisa apmaiņas intensitātes ietekmi uz ūdens tvaiku pārnese materiālos utml.

Izveidot virtuālu vietni, kurā vienkopus ir pieejama ticama un kvalitatīva informācija par energoefektivitātes jautājumiem. Informācijas izvietošana LR Ekonomikas ministrijas mājas lapā nav uzskatāma kā efektīvs risinājums ilgtermiņā.

Labas prakses piemēri ir atrodamī Vācijā, kur ir izveidotas mājas lapas, kurās ir pieejama kvalitatīva, visaptveroša informācija par energoefektivitātes jautājumiem dažādām mērķauditorijām.²²

Kā arī tiek publicēti speciāli pētnieciskā institūta biļeteni par aktuālajiem energoefektivitātes jautājumiem.²³

9.3. Liela vērība ir jāpievērš ēkas siltināšanas projekta pasūtītāja izglītošanai. Šobrīd šī atbildība gulstas uz energoauditoru, arhitektu, būvuzņēmēju pleciem. Savukārt pasūtītājam trūkst vajadzīgās kompetences un kapacitātes projekta kvalitatīvai izpildei. Ir nepieciešams radīt efektīvu mehānismu pasūtītāja kompetences paaugstināšanai, jo tikai kompetents pasūtītājs ir spējīgs atšķirt kvalitatīvu piedāvājumu, no nekvalitatīva un definēt atbilstošus kritērijus.

9.4. Veikt jau Latvijā nosiltināto ēku izpēti (līdzīgi, Igaunijas Kredex pētījumam²⁴), tādējādi iegūstot uz reāliem faktiem balstītus datus. Šobrīd Latvijā nav veikts neviens sistemātisks pētījums par renovēto ēku stāvokli. Līdz šim veiktajiem darbiem nav sistemātiskuma un tie ir galvenokārt veikti dažādu organizāciju pasūtījumu ietvaros vai pētnieciskos nolūkos tikai atsevišķu jautājumu izpētei.

²² <http://www.richtigbauen.de/>

²³ *IBP-Mitteilung, Fraunhofer Institut Bauphysik.*

²⁴ http://kredex.ee/according-to-a-survey-completed-with-the-support-of-kredex-the-main-problems-of-country-houses-are-damages-to-shells-of-buildings-and-bad-internal-climate/&tpl=1071&c_tpl=1047&op=extract

10. Izmantotā literatūra

1. Latvijas standarts **LVS EN 13163:2009**: Siltumizolācijas izstrādājumi ēkām. Rūpnieciski ražotie uzputota polistirola (EPS) izstrādājumi. Specifikācija.
2. Latvijas standarts **LVS EN 14933:2007**: Siltumizolācijas materiāli un viegie pildmateriāli būvniecībai. Rūpnieciski ražotie uzputota polistirola (EPS) izstrādājumi. Specifikācija.
3. Latvijas standarts **LVS EN 13499:2004**: Siltumizolācijas izstrādājumi būvniecībai - Ārējās siltumizolācijas kompozītās sistēmas (ETICS) uz uzputota polistirola bāzes – Specifikācija.
4. MK noteikumi Nr.495 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu **LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika"**" ("LV", 174 (2561), 30.11.2001.) [stājas spēkā 01.01.2003.] ar grozījumiem.
5. „**EPS White Book**. EUMEPS Background Information on standardisation of EPS” Version 31/03/11, Issued by EUMEPS in 2011, 76.pages.
6. Latvijas standarts **LVS EN 12086:2007**: Siltumizolācijas materiāli lietošanai būvniecībā - Ūdens tvaika caurlaidības noteikšana.
7. Latvijas standarts **LVS EN ISO 13788:2003**: Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehniskās īpašības - Iekšējās virsmas temperatūra, lai izvairītos no kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas - Aprēķina metodes”.
8. Latvijas standarts **LVS EN ISO 10456:2000**: Būvmateriāli un būvizstrādājumi. Higrotermiskās īpašības. Projektos lietojamo vērtību tabulas un deklarēto un aprēķina siltumtehnisko vērtību noteikšanas procedūras.
9. SwissporEPS Fassadenplatten. Technische Daten Physikalische Materialkennwerte. Swisspor AG, 2004.
10. Matthias G. Bumann. Sorption. Eine Betrachtung zum Thema „Feuchte im Bauteil Aussenwand” DIMaGB, Berlin, 2009.
11. Paplavskis J, **Siltumtehniskas prasības energoefektīvām ārsienām**. Aeroc, 15. maijs Rīga.
12. Borodiņecs A., Krēsliņš A. **RTU rekomendācijas būvnormatīva LBN 002-01 pielietošanai ēku projektēšanā un būvniecībā. Būvniecības siltumfizika ēku projektētājiem**. – Rīga: RTU Izdevniecība, 2007. – 131 lpp.
13. Eiropas tehniskā apstiprinājuma pamatnostādne **ETAG 004 „Ārsienu daudzslāņu siltumizolācijas sistēmas ar apdari”**.
14. **DIN 4108-3** Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung (Thermal protection and energy economy in buildings - Part 3: Protection against moisture subject to climate conditions - Requirements and directions for design and construction);
15. Latvijas standarts **LVS EN 15026:2007**: Ēku daļu un ēku elementu higrotermiskais izpildījums. Mitruma pārnese novērtēšana ar skaitlisko modelēšanu.
16. <http://bauklimatik-dresden.de/cond/index.php>
17. U.Iļjins, J.Skujāns, G.Andersons, J.Kreilis, A. Lešinskis, S.Štrausa, A.Vulāns, U. Skadiņš, V.Grants. **Metodiskie norādījumi projektētājiem un būvniekiem „Paliekošo veidņu sistēma „Dobeles panelis”** SIA TENAX, LLU, Dobeles, Jelgava, 2006., 160 lpp.
18. N.M.M. Ramos, J.M.P.Q. Delgado, E. B.Barreira and V.P. de Freitas **Hygrothermal numerical simulation: application in Moisture damage prevention**. page. 101-122.
19. <http://www.wufi-pro.com>
20. <http://bauklimatik-dresden.de/delphin/index.php>
21. <http://www.physibel.be/v0n2gl.htm>

22. WUFI Workshop NTNU / SINTEF 2008, Standards and Guidelines.
23. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas Būvniecības departamenta speciālisti u.c., **Ēku siltumefektivitātes paaugstināšana**. (2. papildinātais izdevums). Rīga, 2000. 96.lpp.
24. Valsts zemes dienesta dati (www.vzd.gov.lv)
25. A. Jakovičs, S. Gendels , H. Truemann. **Analysis of heat losses from typical buildings in Riga**. International scientific colloquium 'Modelling for saving resources' – Rīga, 2001, pp. 190-197.
26. Gendels S., Jakovičs A., **Complex analysis of heat losses for buildins**. International Conference 'Scientific Achievements for wellbeing and development of society'. Section 'Enabling environment for society wellbeing' - Rēzekne, Latvia, 2004, pp. 76 - 83., ISBN 9984-585-46-8.
27. **Baustoff-kenndaten** (Sto Phy/A 03.980603).
28. **Planung, konstruktion, ausführung. Kapitel 12: Wärmeschutz**. Januar 2009. KALKSANDSTEIN. 42.seite.
29. Latvijas standarts **LVS EN ISO 7783-2:2000**: Krāsas un lakas - Pārklājumu materiāli un pārklājumu sistēmas ārējiem mūrēšanas darbiem un betonēšanai - 2.daļa: Ūdens tvaiku iedarbības noteikšana un klasifikācija.
30. <http://www.sakret.lv>
31. <http://www.caparol.lv>
32. <http://www.baumit.lv>
33. Eiropas Tehniskais apstiprinājums, **ETA-08/0046**, CAPATECT-ETICS B-190. Kombinētā sistēma ar apmetumu ārējo sienu siltumizolācijai. Derīgs līdz 04.03.2013. 16.lpp.
34. MK noteikumi Nr.376 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu **LBN 003-01 "Būvklimatoloģija"**" ("LV", 123 (2510), 29.08.2001.) [stājas spēkā 01.09.2001.] ar grozījumiem: 07.06.2005. MK noteikumi Nr.396 ("LV", 92 (3250), 10.06.2005.) [stājas spēkā ar 01.11.2005.].
35. SAKRTE ETICS EPS un SAKRET ETICS MW. **Montāžas nosacījumi un norādījumi**. SIA „Sakret” 2011/1, 28 lpp.
36. **Kritik an Wärmedämmung haltlos** - <http://news.immobilo.de/2011/12/05/3447-dena-kritik-an-waermedaemmung-haltlos/>

Pielikumi

1.Pielikums



VG TU TERMOIZOLIACIJOS INSTITUTO

TERMOIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ LABORATORIJA

(Laboratory of Thermal Insulating Materials,
Institute of Thermal Insulation of VGTU)

Linkmenų 28, 08217 Vilnius

tel./faksas 2752485, el. paštas: tml@termo.vgtu.lt



LIETUVOS
NACIONALINIS
AKREDITACIJOS
BIURAS

BANDYMAI
ISO/IEC 17025

Nr. LA. 01.004

TEST REPORT No 1004

27 March 2008

Valid for the tested testing object

1 (3)

1. CUSTOMER: SIA "TENAPORS", Spodribas iela 1, Dobele, LV-3701 Latvija,
Order No 1-54/08 dated 12 February 2008.
2. MANUFACTURER: SIA "TENAPORS"
3. PRODUCT: Thermal insulation product of expanded polystyrene (boards): **EPS 70** in accordance
with LVS EN 13163:2004
4. RECEIVING DATE: 15 February 2008
5. TESTING DATA: From 15 February 2008 to 26 March 2008
6. TEST LOCATION: Laboratory
7. SAMPLES SELECTED BY: The sample (6 boards of 1000x500x100 mm) were selected by the
customer and representative of Conformity Assessment Centre of Construction Products
(BBANC). Information about sampling was given in Sampling Report dated 12 February 2008
and on the boards.
8. TESTS WERE CARRIED OUT IN ACCORDANCE WITH: EN 822:1994. Thermal insulating
products for building applications - Determination of length and width
EN 823:1994. Thermal insulating products for building applications – Determination of thickness.
EN 824:1994. Thermal insulating products for building applications – Determination of squareness.
EN 825:1994. Thermal insulating products for building applications – Determination of flatness.
EN 826:1996. Thermal insulating products for building applications. Determination of compressive
behaviour.
EN 1602:1996+AC:1997. Thermal insulating products for building applications – Determination
of the apparent density.
EN 1603:1993+AC:1997+A1:2006. Thermal insulating products for building applications –
Determination of dimensional stability under constant normal laboratory conditions
(23°C/50 % relative humidity)
EN 1604:1996+AC:1997+A1:2006. Thermal insulating products for building applications –
Determination of dimensional stability under specified temperature and humidity conditions.
EN 1607:1996+AC:1997. Thermal insulating products for building applications – Determination
of tensile strength perpendicular to faces.
EN 1609:1996+A1:2006. Thermal insulating products for building applications – Determination of
short term water absorption by partial immersion.
EN 12086:1997. Thermal insulating products for building applications – Determination of water
vapour transmission properties.
EN 12667:2001 Thermal performance of building materials and products – Determination of
thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods – Products of
high and medium thermal resistance.
EN 12939:2000. Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal
resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods – Thick products of
high and medium thermal resistance
EN 13163:2001+AC:2005. Thermal insulation products for buildings – Factory made products of
expanded polystyrene (EPS) – Specification.



No part of this report or annex may be reproduced, reprinted or copied in any other form except in full



VG TU TERMOIZOLIACIJOS INSTITUTO

TERMOIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ LABORATORIJA

(Laboratory of Thermal Insulating Materials,
Institute of Thermal Insulation of VG TU)

Linkmenų 28, 08217 Vilnius

tel./faksas 2752485, el. paštas: tml@termo.vgtu.lt



LIEUVOS
NACIONALINIS
AKREDITACIJOS
BIURAS

BANDYMAI
ISO/IEC 17025

Nr. LA. 01.004

TEST REPORT No 1004

27 March 2008

Valid for the tested testing object

2 (3)

9. TEST RESULTS:

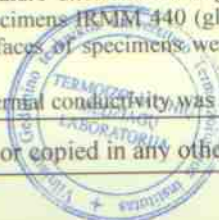
Characteristics	Tests methods	Test results
Density, kg/m ³	EN 1602+AC	15,8±0,1
Maximum deviations of dimensions of boards, mm:		
length	EN 822	+1/-0
width	EN 822	+0/-2
thickness	EN 823	+1/-0
Classes of dimensional tolerances: length	EN 13163	L2
width		W2
thickness		T2
Maximum deviation from the squareness on length and width S _b , mm/m	EN 824	1,5±0,0 (1,5; 1,5; 1,5)
Class of squareness tolerance	EN 13163	S2
Maximum deviation from the flatness S _{max} , mm/m	EN 825	0,4±0,1 (0,4; 0,5; 0,4)
Class of flatness tolerance	EN 13163	P4
Compressive stress at 10 % deformation, kPa	EN 826	78,3±8,8
Tensile strength perpendicular to faces, kPa	EN 1607+AC	130±23
Short term water absorption by partial immersion (method A), kg/m ²	EN 1609	0,09±0,05
Dimensional stability, %, after 28 days storage at constant normal lab conditions (23°C/50% RH: length	EN 1603	-0,06±0,04 (-0,04; -0,07; -0,07)
width		-0,07±0,04 (-0,06; -0,07; -0,09)
Class of dimensional stability	EN 13163	DS(N)2
Dimensional stability under specified temperature of 70°C (48 h), %: length and width	EN 1604	-0,21±0,05 (-0,29; -0,16; -0,16; -0,25; -0,19; -0,20)
thickness		-0,18±0,12 (-0,23; -0,14; -0,16)
Class of dimensional stability	EN 13163	DS(70, -)1
Dimensional stability under specified temperature and humidity conditions (48 h, 70°C/90% RH), %: length and width	EN 1604	-0,18±0,04 (-0,23; -0,15; -0,13; -0,19; -0,18; -0,18)
thickness		-0,16±0,09 (-0,20; -0,14; -0,13)
Class of dimensional stability	EN 13163	DS(70, 90)1
Water vapour transmission rate g, mg/(m ² ·h) (ΔRH=0/85%, t=23°C)	EN 12086	590±39
Water vapour permeability δ, mg/(m·h·Pa)	EN 12086	0,0248±0,0016
Water vapour diffusion resistance factor μ	EN 12090	28,4±1,8
Shear strength, kPa	EN 12090	50,7±9,6
Shear modulus, kPa		1513±142
Thermal conductivity at 10°C*, W/(m·K), measured value when:	EN 12667	0,0373 (0,0373 and 0,0373)*)
-thickness of specimen, mm		95,9 (48,2 and 47,4)*)
-density, kg/m ³		15,6

*) Specimen with thickness of 100 mm was cut into two slices

Testing thermal conductivity was carried out by heat flow meter apparatus FOX 304 with a single-specimen symmetrical configuration and with the linear gradient guard for edges of specimen. The temperature difference through the specimen was 20°C. The apparatus was calibrated 27 February 2008 using certified reference specimens IRMM 440 (glass wool) and NIST (EPS). Test objects were conditioned at (23±2)°C and (50±5)% RH. The main surfaces of specimens were ground before testing by fine sandpaper in accordance with EN 12667, 6.3.2.

The expanded uncertainty of measurement (in accordance with EA 4/02) for thermal conductivity was ±0,00050 W/(m·K).

No part of this report or annex may be reproduced, reprinted or copied in any other form except in full



[Handwritten signature]



VG TU TERMOIZOLIACIJOS INSTITUTO

TERMOIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ LABORATORIJA

(Laboratory of Thermal Insulating Materials,
Institute of Thermal Insulation of VGTU)

Linkmenų 28, 08217 Vilnius

tel./faksas 2752485, el. paštas: tml@termo.vgtu.lt



LIETUVOS
NACIONALINIS
AKREDITACIJOS
BIURAS

BANDYMAI
ISO/IEC 17025

Nr. LA. 01.004

TEST REPORT No 2004

27 March 2008

Valid for the tested testing object

3 (3)

10. OTHER INFORMATION: The confidence level of test result uncertainties is 95 %.
Deviations from EN standards: there are no.

11. ANNEXES: Annex A (1 page), annex B (1 page) and annex C (1 page) individual test results.

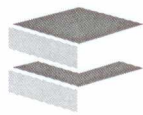
Head of Laboratory

Dr. V. Keršulis

Technically responsible for tests, chief researcher



Dr. I. Gnip

**ESTplast**

EC Declaration of Conformity

Manufacturer
ESTPLAST TOOTMINE OÜ

Reg nr. 10907114

Altmetsa tee 10/1,
74117 Maardu Eesti

declares that the thermal insulation product

EPS 80,

used for the insulation of buildings and constructions,
manufactured by

ESTPLAST TOOTMINE OÜ factory

Altmetsa tee 10/1,

74117 Maardu Estonia,

with designation code of standard EVS-EN 13163

EPS-EN 13163-T1-L1-W1-S1-P3-DS(N)5-BS125-CS(10)80-WL (T)3-CC(3/2/10)35

conforms to the requirements of EVS-EN 13163 and fulfills the requirements of

CE marking in annex ZA1 to EVS-EN 13163.

Conformity is attested according to Construction Products Directive, Annex III (2) (ii),
second possibility, as shown in table ZA.2.2 of EVS-EN 13163

Informed laboratories:

Certification Centre of Tallinn University of Technology

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn Estonia

VTT Technical Research Centre of Finland

Lämpömiehenkuja 3, 02150 Espoo Finland

MAIN TECHNICAL CHARACTERISTICS

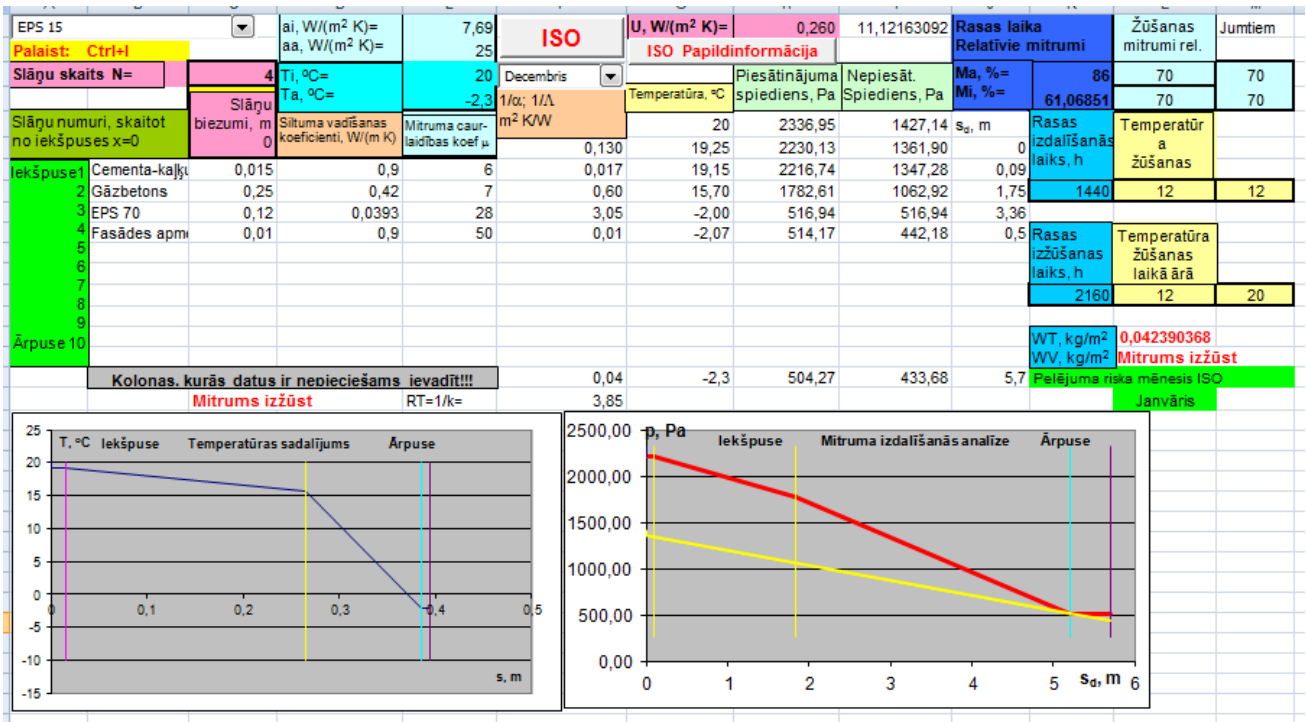
Property	Board thickness mm	Test method	Unit	Indicator
Board length		EN 822	% v mm	±0,6 v ±3
Board width		EV 822	% v mm	±0,6 v ±3
Board thickness		EN 823	mm	±2
Board squareness		EN 824	mm/m	±5
Board flatness		EN 825	mm	10
Thermal conductivity λ_{10}		EN 12667	W/(m · K)	0,036
Thermal conductivity λ_d		EN 12667	W/(m · K)	0,038
Thermal resistance R_d	25	EN 12667	m^2K/W	0,65
	50			1,30
	100			2,60
Compressive stress at 10% def.		EN 826	kPa	≥100
Compressive stress at 2%(long term)		EN 1606	kPa	≥35
Bending strength		EN 12089	kPa	≥150
Water absorption		EN 12087	%	< 3
Fire classification		EN 13501-1	-	E
Water steam permeability		EN 13163, table D2	μ	20 - 40

Janika Rougajainen
Development Manager
12.05.2008

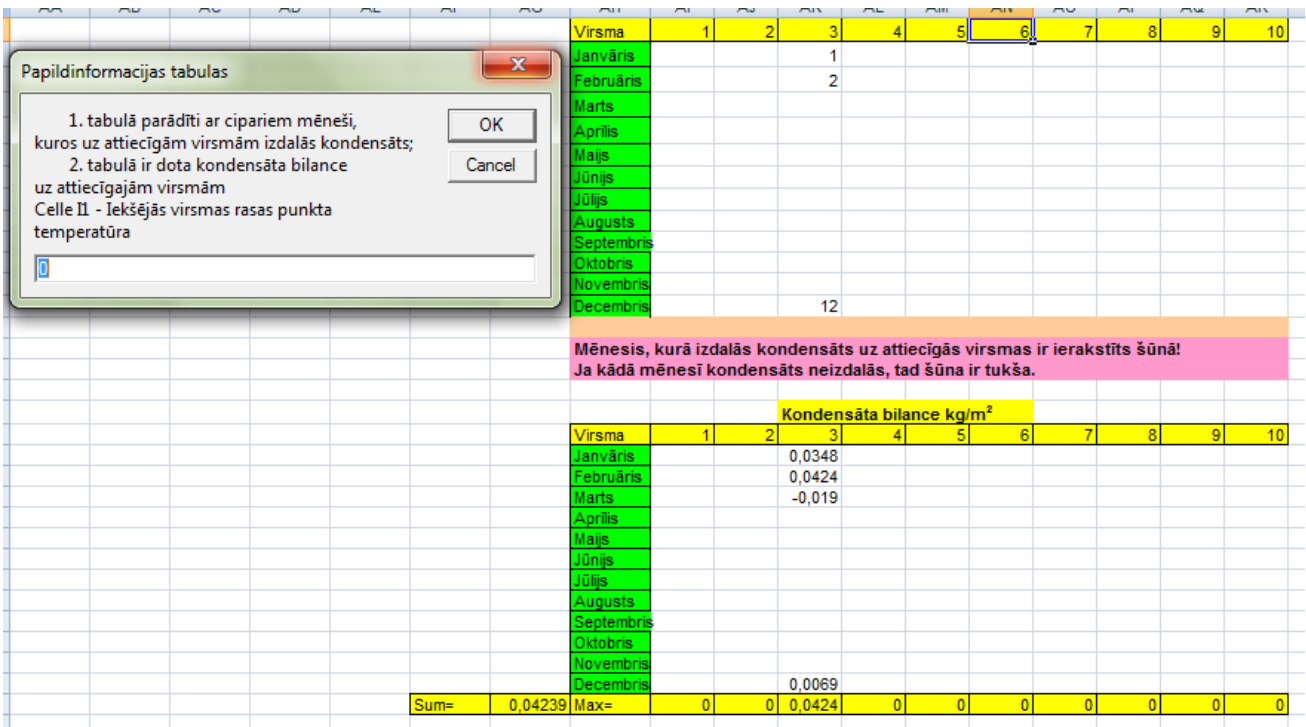
2.Pielikums

Anālizs variants Nr.: 1.4, gāzbetona ārsiena

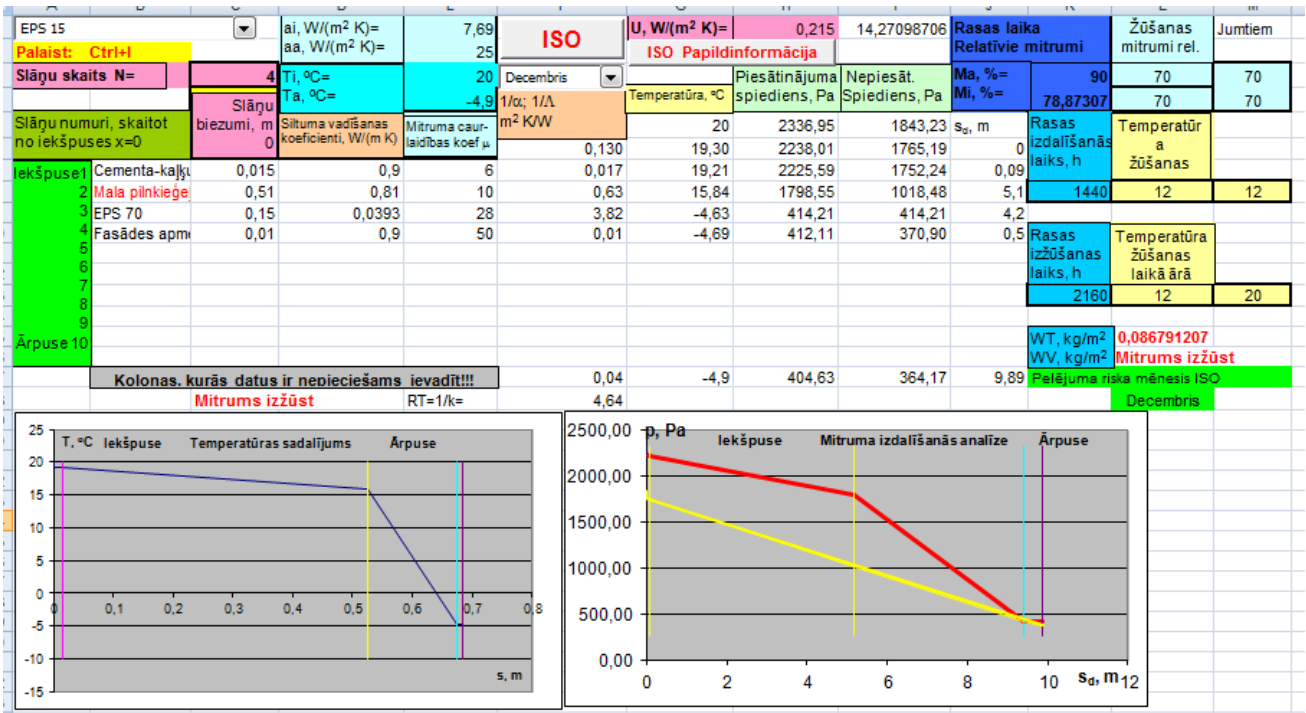
Aprēķinu lapa



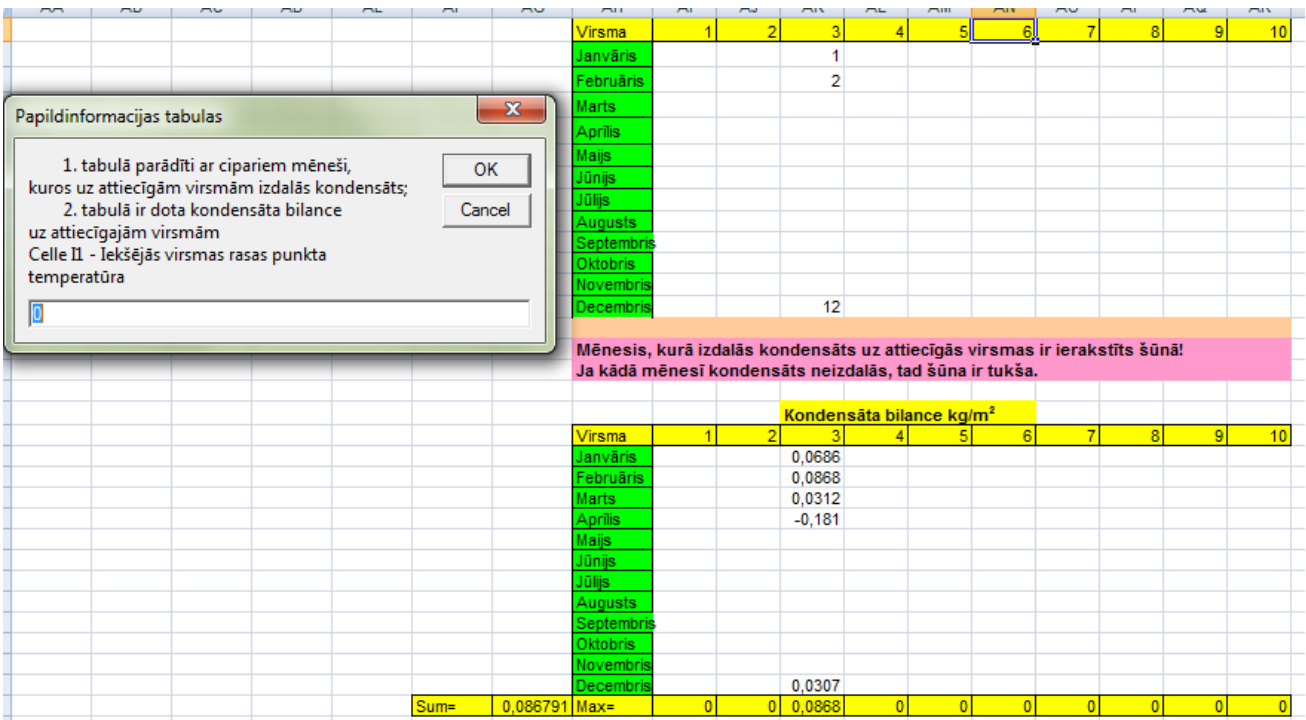
Kondensāta veidošanās gada bilances rezultātu lapa



Analīzes variants Nr.: 2.6, māla pilnķieģeļu ārsiena

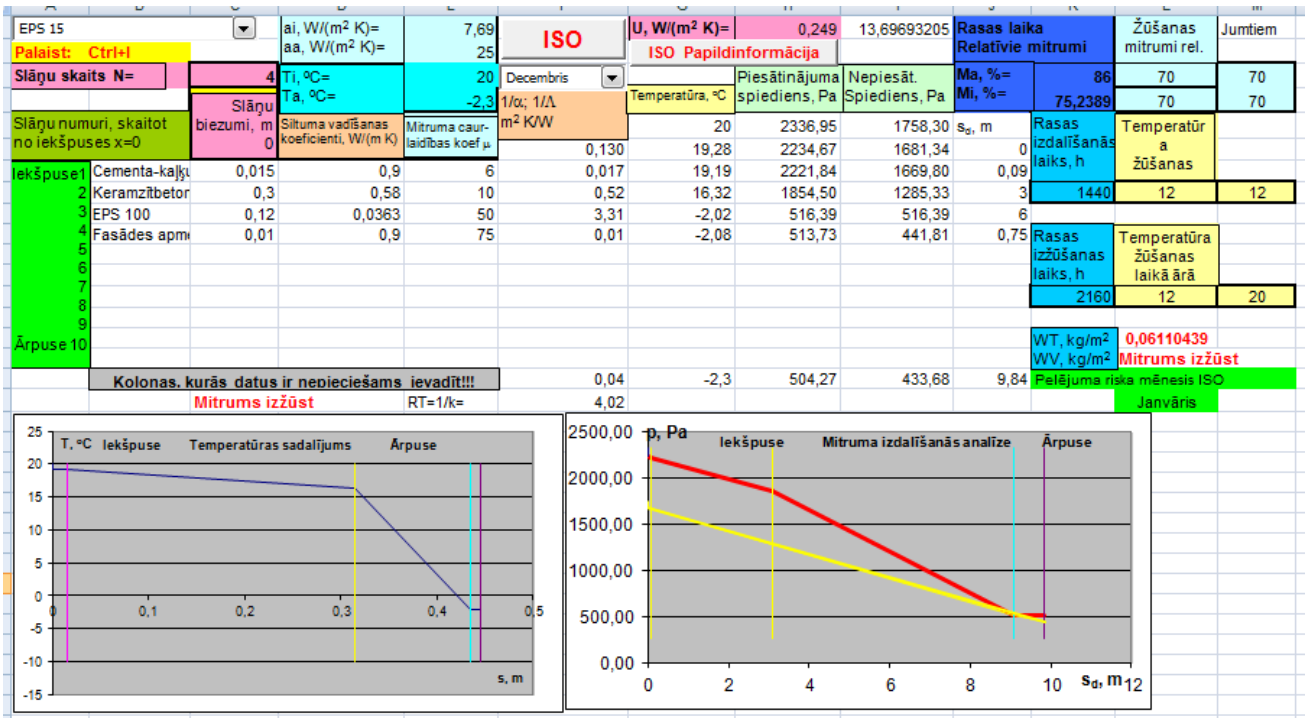


Kondensāta veidošanās gada bilances rezultātu lapa

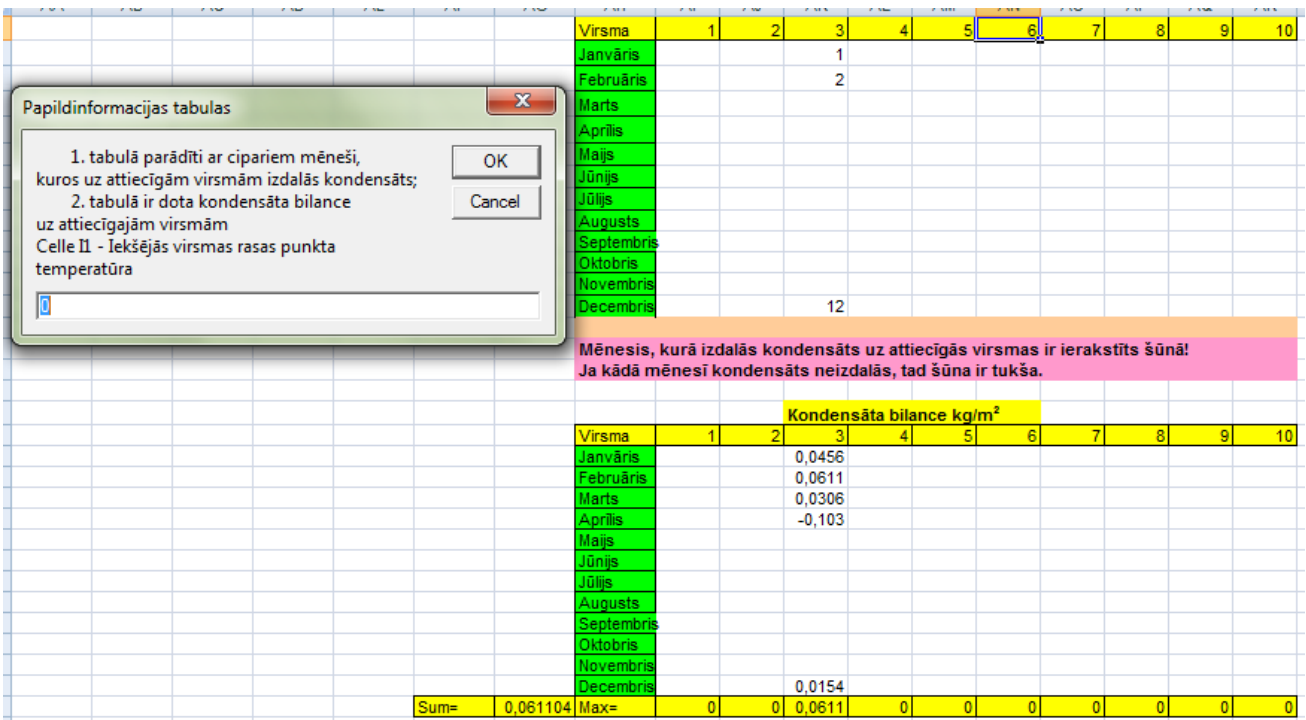


Analīzes variants Nr.: 3.13, keramzītbetona ārsiena

Aprēķinu lapa

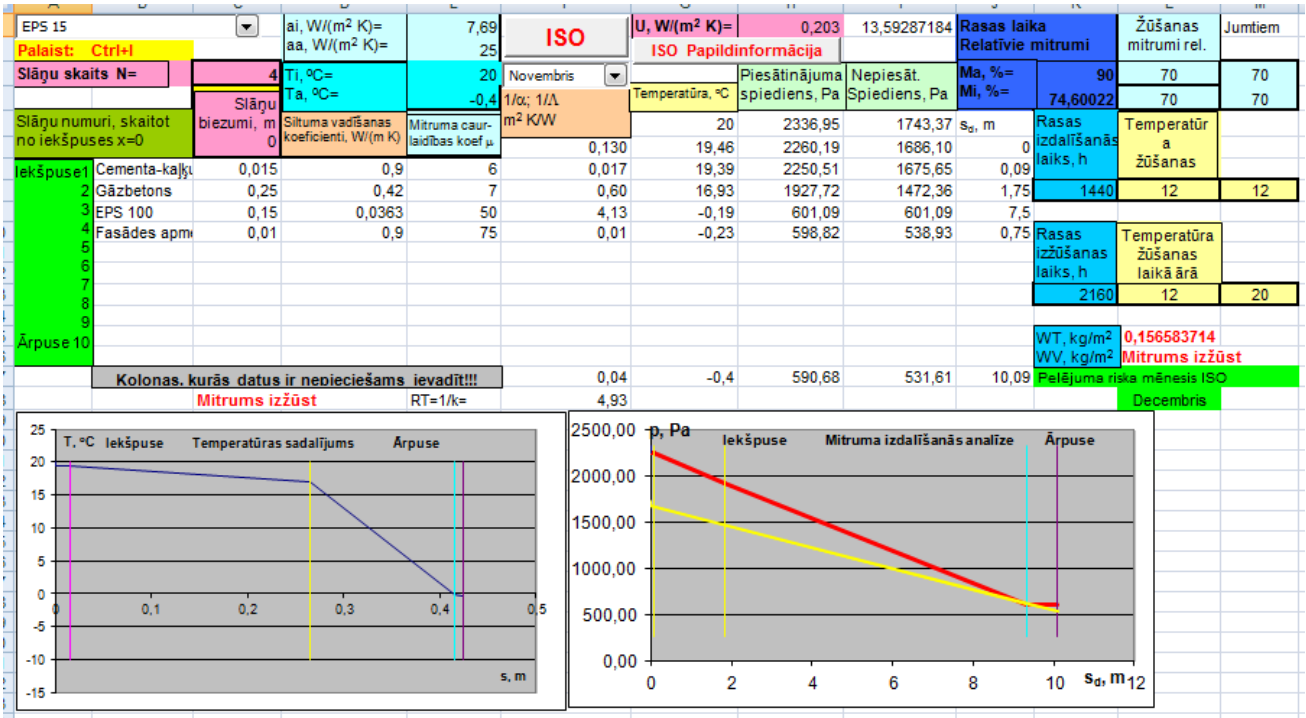


Kondensāta veidošanās gada bilances rezultātu lapa

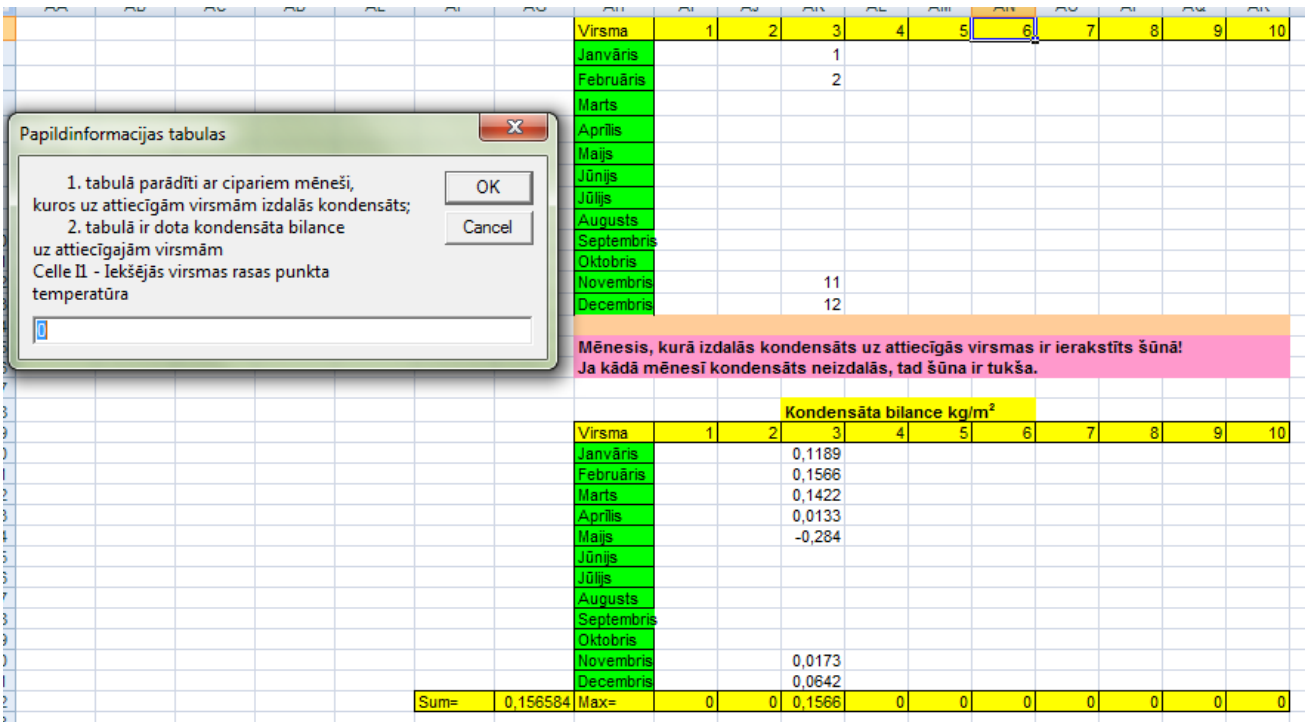


Analizē variants Nr.: 4.14, gāzbetona ārsiena

Aprēķinu lapa



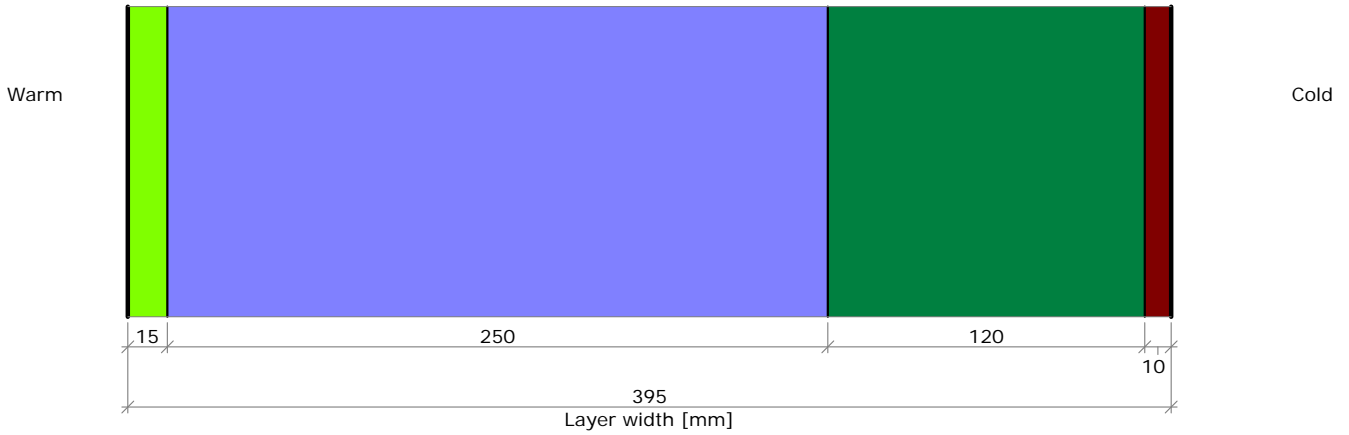
Kondensāta veidošanās gada bilances rezultātu lapa



3.Pielikums

Project: EM 2011/57/ERAF
Construction: Gāzbetona siena, 3.mitruma klase

Drawing



Structure and Material Properties

	Material	d [mm]	λ [W/mK]	μ [---]	w_{80} [m ³ /m ³]	w_{sat} [m ³ /m ³]	A_w [kg/m ² h ^{1/2}]
1	Lightweight Concrete	15	1,200	8,0	0,032	0,430	1,380
2	Cellular concrete (old)	250	0,420	8,0	0,017	0,720	5,000
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	120	0,040	50,0	0,001	0,935	0,001
4	Calsitherm KP-Kleber	10	0,918	25,0	0,001	0,444	0,503

d = layer thickness; λ = thermal conductivity; μ = water vapour diffusion resistance; w_{80}/w_{sat} = water content at 80% relative humidity resp. at saturation; A_w = water uptake coefficient

Climate data

Winter climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	20,0 °C	Temperature	-10 °C
Relative humidity	50,0 %	Relative humidity	80,0 %

Duration of condensation period (winter): 60 days

Summer Climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	-10 °C	Temperature	12,0 °C
Relative humidity	70,0 %	Relative humidity	70,0 %

Duration of drying period (summer): 90 days

Transfer Resistances

Warm side R_{si} = 0,130 m²K/W
Cold side R_{se} = 0,040 m²K/W

Thermal Conductivity, Vapour Diffusion and Water Conductivity Resistances

	Layer/Material	R [m ² K/W]	r _v [m/s]	r _w [m ² s/kg]
1	Lightweight Concrete	0,013	6,480E+08	3,416E+04
2	Cellular concrete (old)	0,595	1,080E+10	2,468E+05
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	3,000	3,240E+10	1,957E+13
4	Calsitherm KP-Kleber	0,011	1,350E+09	2,466E+05
Sum of Resistances (moisture dependent)		3,619	4,520E+10	

Air-to-air thermal resistance (moisture dependent): $R_T = 3,789 \text{ m}^2\text{K/W}$

Air-to-air thermal transmittance (moisture dependent): $U = 0,264 \text{ W/m}^2\text{K}$

Temperatures, Vapour Pressures and Moisture Contents

	Layer/Material	θ [°C]	P_{sat} [Pa]	P [Pa]	w [m ³ /m ³]	d_c [mm]	M_c [kg/m ²]
	Air layer (warm side)	20,0	2338	1169			
		19,0	2194	1169			
1	Lightweight Concrete						
		18,9	2180	1155			
2	Cellular concrete (old)						
		14,2	1616	926			
3	Polystyrene Foam Board - Expanded						
		-9,6	269	237			
4	Calsitherm KP-Kleber						
		-9,7	267	208			
	Air layer (cold side)	-10	260	208			

θ - Temperature; p_{sat} - Saturated vapour pressure; p - Vapour pressure; w - Condensation content; d_c - Imbrued layer width; M_c - Moisture mass

Summary of Results

Heat transition coefficient of the construction (dry)

Thermal resistance of the construction

DIN 4108-2 Tab. 3,1+11 (thermal resistance) $R \geq 1.2 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperature and relative humidity on inner surface

No condensation in the construction!

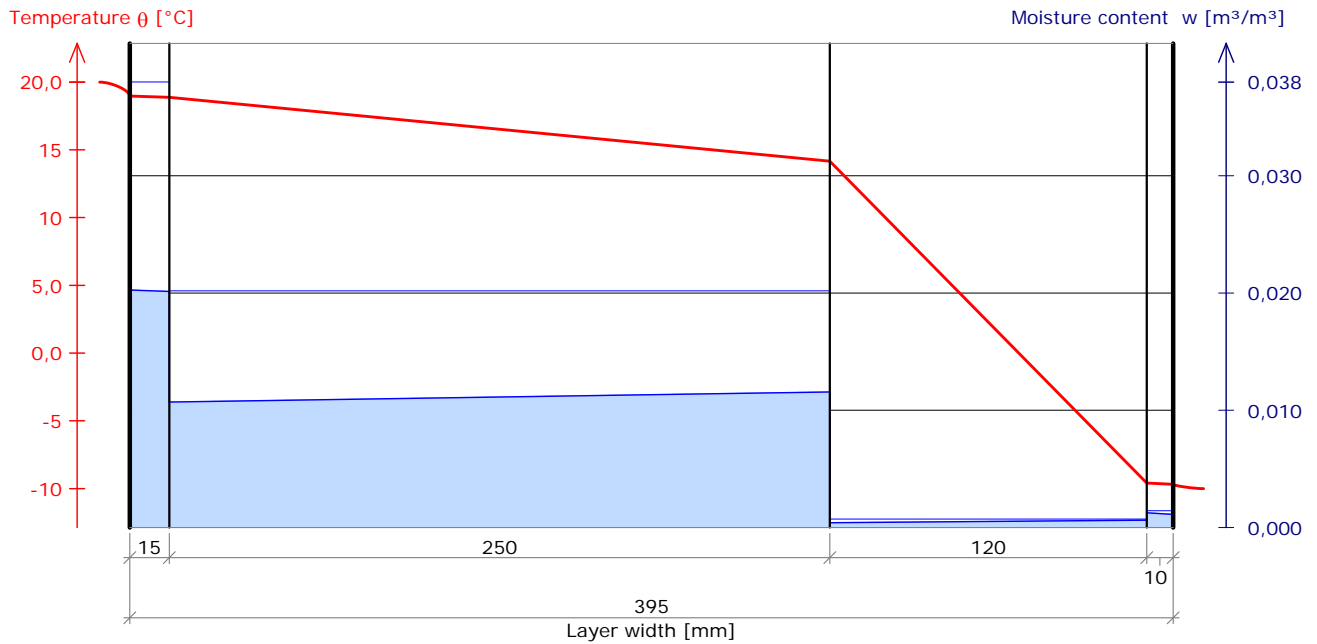
$U = 0,264 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$R = 3,619 \text{ m}^2\text{K/W}$

Requirement fulfilled

$\theta = 19,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi = 53,3 \%$

Temperature and Moisture Profile



Condensate (overhygroscopic moisture) is displayed in dark colour!

Results according to DIN 4108 (Glaser-scheme)

Condensation period (winter)

Period 60 days
Interior climate (left) 20°C / 50%
Outdoor climate (right) -10°C / 80%

No condensation in the construction!

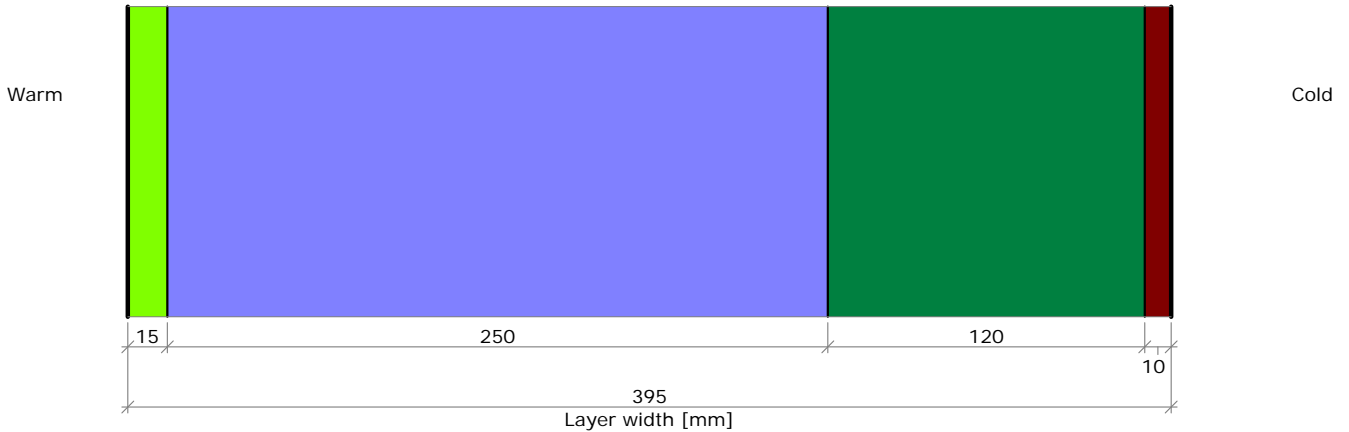
Duration of drying (summer)

Period 90 days
Interior climate (left) 12°C / 70%
Outdoor climate (right) 12°C / 70%
Condensation zone 12°C / 100%

No condensation in the construction!

Project: EM 2011/57/ERAF
Construction: Gāzbetona siena, 4.mitruma klase

Drawing



Structure and Material Properties

	Material	d [mm]	λ [W/mK]	μ [---]	w_{80} [m ³ /m ³]	w_{sat} [m ³ /m ³]	A_w [kg/m ² h ^{1/2}]
1	Lightweight Concrete	15	1,200	8,0	0,032	0,430	1,380
2	Cellular concrete (old)	250	0,420	8,0	0,017	0,720	5,000
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	120	0,040	50,0	0,001	0,935	0,001
4	Calsitherm KP-Kleber	10	0,918	75,0	0,001	0,444	0,503

d = layer thickness; λ = thermal conductivity; μ = water vapour diffusion resistance; w_{80}/w_{sat} = water content at 80% relative humidity resp. at saturation; A_w = water uptake coefficient

Climate data

Winter climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	20,0 °C	Temperature	-10 °C
Relative humidity	70,0 %	Relative humidity	80,0 %
Duration of condensation period (winter):		60 days	

Summer Climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	-10 °C	Temperature	12,0 °C
Relative humidity	70,0 %	Relative humidity	70,0 %
Duration of drying period (summer):		90 days	

Transfer Resistances

Warm side R_{si} = 0,130 m²K/W
Cold side R_{se} = 0,040 m²K/W

Thermal Conductivity, Vapour Diffusion and Water Conductivity Resistances

	Layer/Material	R [m ² K/W]	r _v [m/s]	r _w [m ² s/kg]
1	Lightweight Concrete	0,013	6,480E+08	3,416E+04
2	Cellular concrete (old)	0,595	1,080E+10	2,468E+05
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	3,000	3,240E+10	1,957E+13
4	Calsitherm KP-Kleber	0,011	4,050E+09	2,466E+05
Sum of Resistances (moisture dependent)		3,619	4,790E+10	

Air-to-air thermal resistance (moisture dependent): $R_T = 3,789 \text{ m}^2\text{K/W}$

Air-to-air thermal transmittance (moisture dependent): $U = 0,264 \text{ W/m}^2\text{K}$

Temperatures, Vapour Pressures and Moisture Contents

	Layer/Material	θ [°C]	P_{sat} [Pa]	P [Pa]	w [m ³ /m ³]	d_c [mm]	M_c [kg/m ²]
	Air layer (warm side)	20,0	2338	1637			
		19,0	2194	1637			
1	Lightweight Concrete				0,028		
		18,9	2180	1617	0,028		
2	Cellular concrete (old)				0,015		
		14,2	1616	1280	0,016		
3	Polystyrene Foam Board - Expanded				0,001		
		-9,6	269	269	0,090	0,0	0,00
4	Calsitherm KP-Kleber				0,044	2,5	0,07
		-9,7	267	208	0,001		
	Air layer (cold side)	-10	260	208			

θ - Temperature; p_{sat} - Saturated vapour pressure; p - Vapour pressure; w - Condensation content; d_c - Imbrued layer width; M_c - Moisture mass

Summary of Results

Heat transition coefficient of the construction (humid)

$U = 0,264 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Heat transition coefficient of the construction (dry)

$U = 0,264 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Thermal resistance of the construction

$R = 3,619 \text{ m}^2\text{K/W}$

Condensation mass after condensation period (based on COND)

$M_c = 0,070 \text{ kg/m}^2$

Drying time

$t_{\text{ev}} = 6,53 \text{ d}$

DIN 4108-2 Tab. 3,1+11 (thermal resistance) $R \geq 1.2 \text{ m}^2\text{K/W}$

Requirement fulfilled

DIN 4108-3 4.2.1.d (not capable to absorb water) $M_c \leq 0.5 \text{ kg/m}^2$

Requirement fulfilled

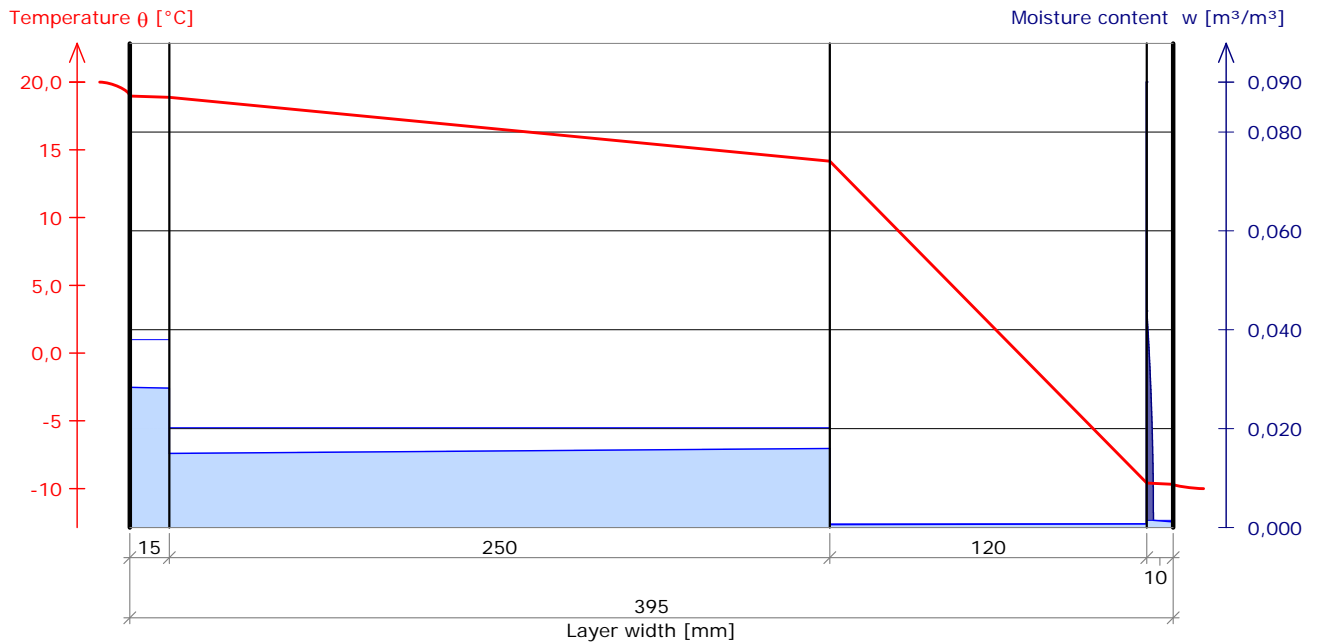
Drying time during summer $t_{\text{ev}} < 90\text{d}$

Requirement fulfilled

Temperature and relative humidity on inner surface

$\theta = 19,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi = 74,6 \text{ \%}$,

Temperature and Moisture Profile



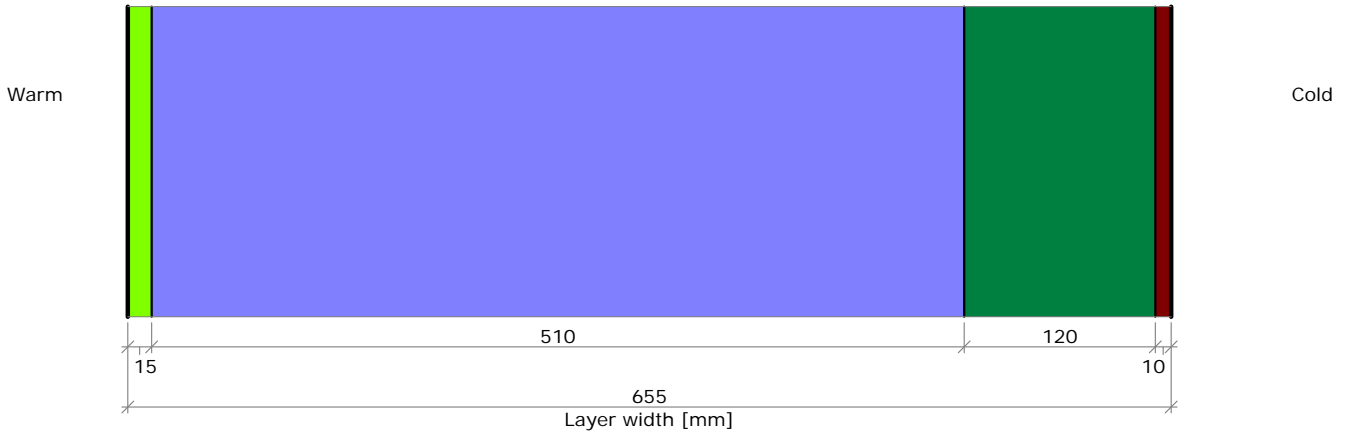
Condensate (overhygroscopic moisture) is displayed in dark colour!

Results according to DIN 4108 (Glaser-scheme)

A calculation according to the Glaser-Scheme only is carried out, if climatic data from the current DIN 4108-3 (60d, -10°C) or coming DIN (90d, -5°C) are used!

Project: EM 2011/57/ERAF
Construction: Māla modulķieģeļi siena, 4.mitruma klase

Drawing



Structure and Material Properties

	Material	d [mm]	λ [W/mK]	μ [---]	w_{80} [m ³ /m ³]	w_{sat} [m ³ /m ³]	A_w [kg/m ² h ^{1/2}]
1	Lightweight Concrete	15	1,200	8,0	0,032	0,430	1,380
2	Brick	510	0,660	9,5	0,008	0,410	14
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	120	0,040	50,0	0,001	0,935	0,001
4	Calsitherm KP-Kleber	10	0,918	25,0	0,001	0,444	0,503

d = layer thickness; λ = thermal conductivity; μ = water vapour diffusion resistance; w_{80}/w_{sat} = water content at 80% relative humidity resp. at saturation; A_w - water uptake coefficient

Climate data

Winter climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	20,0 °C	Temperature	-10 °C
Relative humidity	70,0 %	Relative humidity	80,0 %

Duration of condensation period (winter): 60 days

Summer Climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	-10 °C	Temperature	12,0 °C
Relative humidity	70,0 %	Relative humidity	70,0 %

Duration of drying period (summer): 90 days

Transfer Resistances

Warm side R_{si} = 0,130 m²K/W
Cold side R_{se} = 0,040 m²K/W

Thermal Conductivity, Vapour Diffusion and Water Conductivity Resistances

	Layer/Material	R [m ² K/W]	r _v [m/s]	r _w [m ² s/kg]
1	Lightweight Concrete	0,013	6,480E+08	3,416E+04
2	Brick	0,773	2,616E+10	1,200E+04
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	3,000	3,240E+10	1,957E+13
4	Calsitherm KP-Kleber	0,011	1,350E+09	2,466E+05
Sum of Resistances (moisture dependent)		3,796	6,056E+10	

Air-to-air thermal resistance (moisture dependent): $R_T = 3,966 \text{ m}^2\text{K/W}$

Air-to-air thermal transmittance (moisture dependent): $U = 0,252 \text{ W/m}^2\text{K}$

Temperatures, Vapour Pressures and Moisture Contents

	Layer/Material	θ [°C]	P_{sat} [Pa]	P [Pa]	w [m ³ /m ³]	d_c [mm]	M_c [kg/m ²]
	Air layer (warm side)	20,0	2338	1637			
		19,0	2200	1637			
1	Lightweight Concrete						
		18,9	2187	1621			
2	Brick						
		13,1	1507	1004			
3	Polystyrene Foam Board - Expanded						
		-9,6	269	240			
4	Calsitherm KP-Kleber						
		-9,7	267	208			
	Air layer (cold side)	-10	260	208			

θ - Temperature; p_{sat} - Saturated vapour pressure; p - Vapour pressure; w - Condensation content; d_c - Imbrued layer width; M_c - Moisture mass

Summary of Results

Heat transition coefficient of the construction (dry)

Thermal resistance of the construction

DIN 4108-2 Tab. 3,1+11 (thermal resistance) $R \geq 1.2 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperature and relative humidity on inner surface

No condensation in the construction!

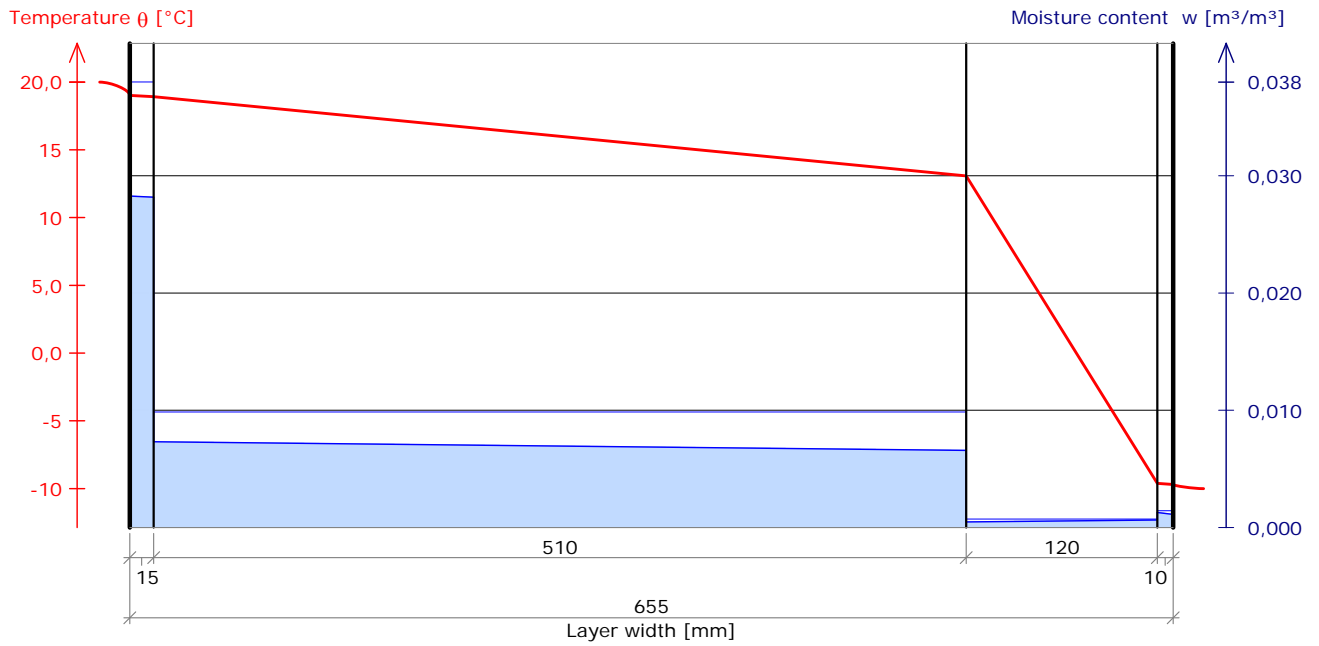
$U = 0,252 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$R = 3,796 \text{ m}^2\text{K/W}$

Requirement fulfilled

$\theta = 19,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi = 74,4 \text{ \%}$.

Temperature and Moisture Profile



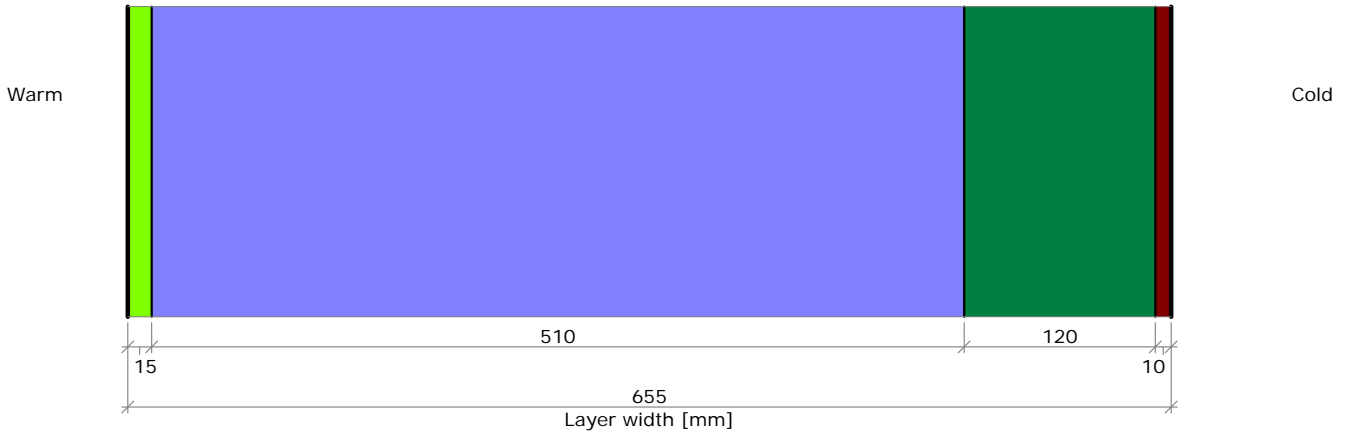
Condensate (overhygroscopic moisture) is displayed in dark colour!

Results according to DIN 4108 (Glaser-scheme)

A calculation according to the Glaser-Scheme only is carried out, if climatic data from the current DIN 4108-3 (60d, -10°C) or coming DIN (90d, -5°C) are used!

Project: EM 2011/57/ERAF
Construction: Māla modulķieģeļi siena, 3.mitruma klase

Drawing



Structure and Material Properties

	Material	d [mm]	λ [W/mK]	μ [---]	w_{80} [m ³ /m ³]	w_{sat} [m ³ /m ³]	A_w [kg/m ² h ^{1/2}]
1	Lightweight Concrete	15	1,200	8,0	0,032	0,430	1,380
2	Brick	510	0,660	9,5	0,008	0,410	14
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	120	0,040	30,0	0,001	0,935	0,001
4	Calsitherm KP-Kleber	10	0,918	25,0	0,001	0,444	0,503

d = layer thickness; λ = thermal conductivity; μ = water vapour diffusion resistance; w_{80}/w_{sat} = water content at 80% relative humidity resp. at saturation; A_w - water uptake coefficient

Climate data

Winter climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	20,0 °C	Temperature	-10 °C
Relative humidity	50,0 %	Relative humidity	80,0 %

Duration of condensation period (winter): 60 days

Summer Climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	-10 °C	Temperature	12,0 °C
Relative humidity	70,0 %	Relative humidity	70,0 %

Duration of drying period (summer): 90 days

Transfer Resistances

Warm side R_{si} = 0,130 m²K/W
Cold side R_{se} = 0,040 m²K/W

Thermal Conductivity, Vapour Diffusion and Water Conductivity Resistances

	Layer/Material	R [m ² K/W]	r _v [m/s]	r _w [m ² s/kg]
1	Lightweight Concrete	0,013	6,480E+08	3,416E+04
2	Brick	0,773	2,616E+10	1,200E+04
3	Polystyrene Foam Board - Expanded	3,000	1,944E+10	1,957E+13
4	Calsitherm KP-Kleber	0,011	1,350E+09	2,466E+05
Sum of Resistances (moisture dependent)		3,796	4,760E+10	

Air-to-air thermal resistance (moisture dependent): $R_T = 3,966 \text{ m}^2\text{K/W}$

Air-to-air thermal transmittance (moisture dependent): $U = 0,252 \text{ W/m}^2\text{K}$

Temperatures, Vapour Pressures and Moisture Contents

	Layer/Material	θ [°C]	P_{sat} [Pa]	P [Pa]	w [m ³ /m ³]	d_c [mm]	M_c [kg/m ²]
	Air layer (warm side)	20,0	2338	1169			
		19,0	2200	1169			
1	Lightweight Concrete						
		18,9	2187	1156			
2	Brick						
		13,1	1507	628			
3	Polystyrene Foam Board - Expanded						
		-9,6	269	235			
4	Calsitherm KP-Kleber						
		-9,7	267	208			
	Air layer (cold side)	-10	260	208			

θ - Temperature; p_{sat} - Saturated vapour pressure; p - Vapour pressure; w - Condensation content; d_c - Imbrued layer width; M_c - Moisture mass

Summary of Results

Heat transition coefficient of the construction (dry)

Thermal resistance of the construction

DIN 4108-2 Tab. 3,1+11 (thermal resistance) $R \geq 1.2 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperature and relative humidity on inner surface

No condensation in the construction!

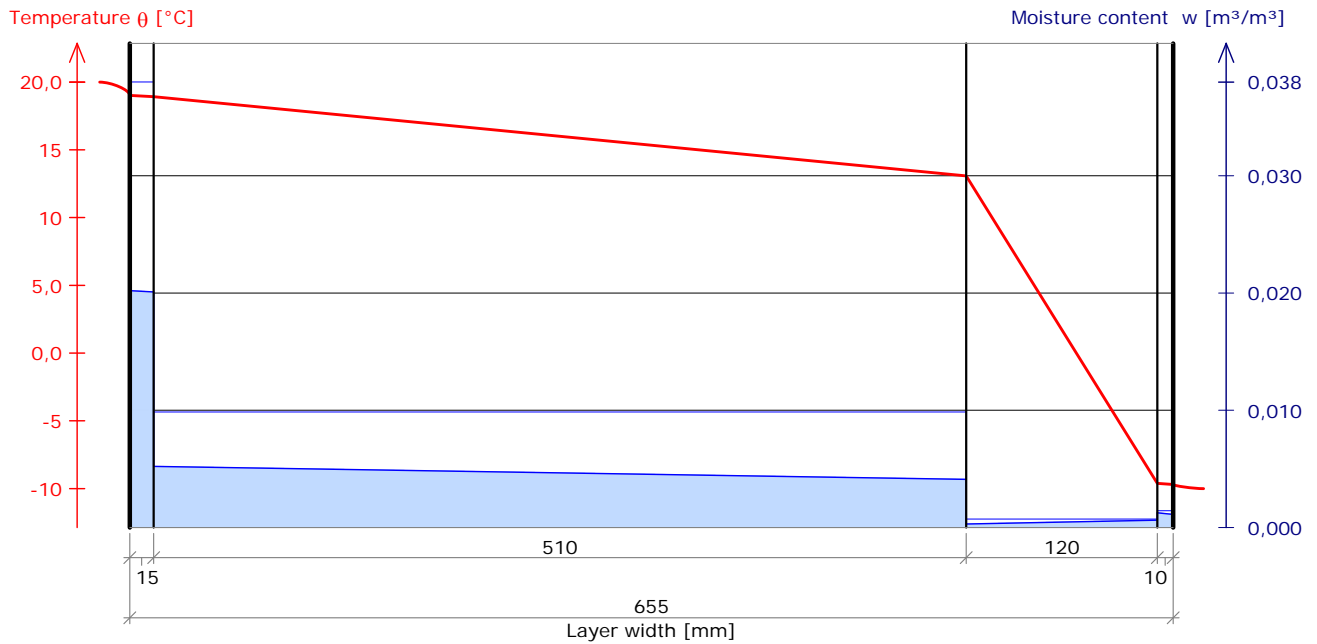
$U = 0,252 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$R = 3,796 \text{ m}^2\text{K/W}$

Requirement fulfilled

$\theta = 19,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi = 53,1 \%$

Temperature and Moisture Profile



Condensate (overhygroscopic moisture) is displayed in dark colour!

Results according to DIN 4108 (Glaser-scheme)

Condensation period (winter)

Period 60 days
Interior climate (left) 20°C / 50%
Outdoor climate (right) -10°C / 80%

No condensation in the construction!

Duration of drying (summer)

Period 90 days
Interior climate (left) 12°C / 70%
Outdoor climate (right) 12°C / 70%
Condensation zone 12°C / 100%

No condensation in the construction!