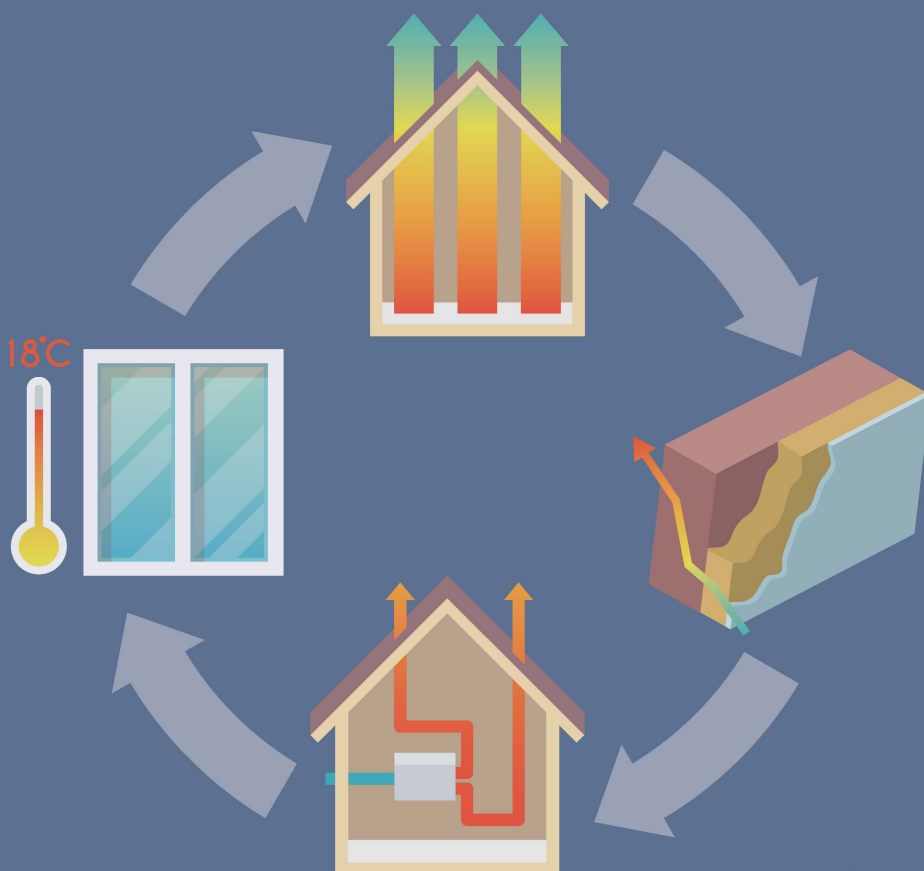


Anatolijs Borodiņecs, Jurgis Zemītis

Metodiskie norādījumi norobežojošo konstrukciju mitruma režīma vienkāršotam aprēķinam



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Būvniecības fakultāte
Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts

Anatolijs Borodiņecs, Jurgis Zemītis

**Metodiskie norādījumi
norobežojošo konstrukciju
mitruma režīma
vienkāršotam aprēķinam**

RTU Izdevniecība
Rīga 2017

Anatolijs Borodiņecs, Jurgis Zemītis. Metodiskie norādījumi norobežojošo konstrukciju mitruma režīma vienkāršotam aprēķinam. Mācību metodikas līdzeklis.
Rīga: RTU Izdevniecība, 2017, 18 lpp.

Mācību metodiskais līdzeklis paredzēts Būvniecības inženierzinātņu fakultātes un Arhitektūras fakultātes studentiem mācību priekšmeta “Būvniecības siltumfizika” apgūšanai.

Redaktore Māra Mozga
Maketētāja Jekaterina Lukina
Vāka dizainere Jekaterina Lukina

Vāka attēls *Shutterstock.com*

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2017
© Anatolijs Borodiņecs, Jurgis Zemītis, 2017

ISBN 978-9934-22-016-6 (pdf)

Saturs

Ievads.....	4
1. Aprēķina metodes vispārējais apraksts.....	5
2. Iekšējā un ārējā gaisa aprēķina parametri.....	6
3. Temperatūras un piesātināta ūdens tvaika spiediena sadalījums konstrukcijā	7
4. Parciālā spiediena sadalījums konstrukcijā.....	7
5. Aprēķinu piemērs.....	9
6. Ieteicamās literatūras saraksts.....	15
Pielikumi.....	16
1. pielikums.....	17
2. pielikums.....	18

Ievads

Materiālu piesātinājums ar ūdeni negatīvi ietekmē to siltumtehnikās īpašības. Palielinātais mitrums var ne tikai pasliktināt konstrukcijas siltumtehnikās īpašības, bet arī izraisīt konstrukcijas bojāšanos. Līdz ar to nepareizi uzbūvētām vai nepareizi ekspluatējamām konstrukcijām reālie siltumcaurlaidības koeficienti var būt lielāki nekā tas bija paredzēts projektā. Projektējot jaunu ēku vai rekonstruējot esošās ēkas, norobežojošo konstrukciju mitruma režīma novērtēšanai ir pievēršama pastiprināta uzmanība.

Vispārējā gadījumā konstrukcijas mitruma režīmu nav jāpamato ar aprēķinu, ja būvelementa siltajā pusē esošo slāņu kopējais ūdens tvaika pretestības gaisa difūzijas ekvivalents $s_{d,}$ ir vismaz piecas reizes lielāks par aukstajai pusei piegulošo slāņu kopējo ūdens tvaika pretestības gaisa difūzijas ekvivalentu $s_{d,}$.

LBN 002-01 "Norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" tieši nenosaka, ar kādām metodēm ir jānovērtē konstrukciju mitruma režīms. Tāpēc šim mērķim var izmantot gan agrāk izmantotās metodes, gan veikt novērtējumu saskaņā ar LVS EN ISO 13788 "Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehnikās īpašības. Iekšējās virsmas temperatūra, lai izvairītos no kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas. Aprēķina metodes". Tomēr, ievērojot mitruma režīma novērtējumu un izmantojot iepriekšminētās metodes sarežģītību un darbietilpīgumu, šo metožu pielietošana visos gadījumos var nebūt lietderīga, un atsevišķos gadījumos pietiek ar norobežojošo konstrukciju mitruma režīma vienkāršotu aprēķinu.

Šie metodiskie norādījumi sniedz rekomendācijas norobežojošo konstrukciju mitruma režīma vienkāršotam aprēķinam, izmantojot materiāla ūdens tvaika pretestības faktoru vai materiāla tvaika caurlaidības koeficientu.

Materiāla tvaika caurlaidības koeficients raksturo, cik mg tvaika difundē stundas laikā caur 1 m biezu konstrukciju pie spiedienu starpības 1 Pa. Bet ūdens tvaika pretestības faktors parāda, cik reizes dotā materiāla tvaika caurlaidības koeficients ir mazāks par nekustīga gaisa tvaika caurlaidības koeficientu:

$$\mu = \frac{\delta^a}{\delta}, \quad (1)$$

kur μ – ūdens tvaika pretestības faktors;

δ – materiāla tvaika caurlaidības koeficients, mg/(m·h·Pa);

δ^a – nekustīga gaisa tvaika caurlaidības koeficients, mg/(m·h·Pa).

LVS EN ISO nekustīga gaisa tvaika caurlaidības koeficienta lielums ir $2 \cdot 10^{-10}$ kg/(m·s·Pa) [0,72 mg/(m·h·Pa)]. Pārrēķinot pēc (1) formulas vecās un jaunās normatīvās bāzes materiālu tvaika caurlaidību raksturojošos rādītājus, rezultāti atšķiras 2–4 reizes. Tāpēc praktiskajos aprēķinos ir ieteicams izmantot ražotāja deklarētās vai standartos norādītās vērtības. Aprēķinu veic, izmantojot vienādu koeficientu visiem konstrukcijā esošajiem materiāliem (tvaika caurlaidības koeficientu vai ūdens tvaika pretestības faktoru).

1. Aprēķina metodes vispārējais apraksts

Lai ātri pārbaudītu konstrukcijas mitruma režīmu, ir iespējams veikt aprēķinu pie maksimāli minimālām ārējā gaisa temperatūrām. Ārējā gaisa temperatūru var pieņemt vienādu ar visaukstāko piecu dienu vidējo temperatūru (1. tabula). Ja pie šīs temperatūras ūdens tvaika kondensāts nav konstatēts, tad var secināt, ka tas neveidosies arī pie siltākām ārējā gaisa temperatūrām, un līdz ar to konstrukcija ir derīga ekspluatācijai.

1. tabula

Visaukstāko piecu dienu vidējā gaisa temperatūra

Vieta	Visaukstāko piecu dienu vidējā gaisa temperatūra, °C
Ainaži	-23,2
Alūksne	-25,1
Daugavpils	-24,0
Dobele	-22,3
Liepāja	-18,3
Mērsrags	-19,6
Priekuļi	-23,8
Rīga	-20,7

Mitruma režīma novērtējumu veic sekojošā secībā:

- 1) nosaka iekšējā un ārējā gaisa aprēķina parametrus – temperatūru un relatīvo mitrumu;
- 2) aprēķina katra slāņa un konstrukcijas kopējo termisko pretestību;
- 3) aprēķina temperatūras sadalījumu konstrukcijā un parāda to grafiski, atkarībā no konstrukcijas biezuma;
- 4) atkarībā no temperatūras sadalījuma, nosaka piesātinātu ūdens tvaiku spiedienu;
- 5) aprēķina katra slāņa pretestību tvaika caurlaidībai;
- 6) aprēķina parciālā spiediena sadalījumu konstrukcijā un parāda to grafiski, atkarībā no konstrukcijas biezuma;
- 7) tiek salīdzināts faktiskais ūdens tvaika parciālais spiediens un piesātināta ūdens tvaika spiediens katrā šķērsgriezumā un noteiktas kondensācijas zonas.

Ja konstrukcijā kādā šķērsgriezuma punktā piesātināta ūdens tvaika spiediens ir mazāks par parciālo spiedienu, tad var secināt, ka konstrukcijā veidojas kondensāts. Šādā gadījumā, lai noteiktu, vai konstrukcija ir derīga ekspluatācijai, ir nepieciešams pārliecināties, vai ziemas laikā uzkrātais kondensāts izžūst vasaras laikā. Šim nolūkam izmantojama LVS EN ISO 13788 “Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehnikās īpašības. Iekšējās virsmas temperatūra, lai izvairītos no kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas. Aprēķina metodes” novērtējuma metode.

2. Iekšējā un ārējā gaisa aprēķina parametri

Ārējā gaisa ūdens tvaika parciālo spiedienu aprēķina, izmantojot temperatūras un relatīvā mitruma vērtības:

$$p_e = \phi_e p_{\text{sat}}(\theta_e), \text{ Pa}, \quad (2)$$

kur p_{sat} – ārējā gaisa piesātināta ūdens tvaika spiediens, Pa;
 ϕ_e – ārējā gaisa mēneša vidējais relatīvais mitrums, %.

Balstoties uz meteoroloģiskiem datiem, āra gaisa relatīvo mitrumu vienkāršota mitruma režīma aprēķina mērķiem var pieņemt vienādu ar 80 %.

Iekšējā gaisa ūdens tvaika parciālo spiedienu aprēķina sekojoši:

$$p_i = \phi_i p_{\text{sat}}(\theta_i), \text{ Pa}, \quad (3)$$

kur p_{sat} – iekšējā gaisa piesātināta ūdens tvaika spiediens, Pa;
 ϕ_i – iekšējā gaisa relatīvais mitrums, %.

Ja nav citu datu, tad daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamajās ēkās iekšējā gaisa relatīvo mitrumu pieņem vienādu ar 55 %. Peldbaseiniem un citām speciālās nozīmes telpām gaisa relatīvo mitrumu pieņem pēc pasūtītāja uzdevuma vai pēc tehnoloģiskajām vajadzībām.

Iekšējā gaisa temperatūru daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamajām ēkām nosaka LBN 211-15 "Dzīvojamās ēkas". Pārējiem ēku tipiem iekšējā gaisa temperatūru nosaka saskaņā ar atbilstošajiem normatīvajiem aktiem, tehnoloģiskajām vajadzībām vai pasūtītāja uzdevumu.

2. tabula

Iekšējā gaisa temperatūra daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamajās ēkās

Telpa	Iekštelpu gaisa temperatūra aukstajā gadalaikā, °C
Dzīvojamā istaba un guļamistaba	18
Virtuve	18
Vannas istaba	25
Tualete	18
Savienotais sanitārais mezgls	25
Ēkas koplietošanas vestibils, kāpņu telpa un koridors	16
Publiskās telpas (ja nav īpašu nosacījumu)	18
Atkritumu savākšanas kamera	5
Lifta mašīntelpa	5

3. Temperatūras un piesātināta ūdens tvaika spiediena sadalījums konstrukcijā

Temperatūras sadalījumu homogenā konstrukcijā aprēķina pēc sekojošās formulas:

$$\theta_x = \theta_i - \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{R_T} (\theta_i - \theta_e), \quad (4)$$

kur θ_x – temperatūra konstrukcijas šķērsgriezuma x punktā, °C;
 θ_i – telpas gaisa temperatūra, °C;
 θ_e – ārējā gaisa temperatūra, kas atbilst apkures aprēķina temperatūrai, °C;
 R_T – konstrukcijas pilnā termiskā pretestība, (m²K)/W;
 $\sum_{i=1}^n R_i$ – visu slāņu, kas atrodas starp iekšējo gaisu un šķērsgriezuma x punktu, kurā tiek noteikta temperatūra, termiskā pretestība, (m²K)/W.

Atkarībā no temperatūras, ir iespējams noteikt piesātināta ūdens tvaika spiediena sadalījumu konstrukcijā, izmantojot 1. pielikuma datus vai vienādojumus (5) un (6):

$$p_{\text{sat}} = 610,5e^{\frac{17,2690}{237,3+\theta}}, \text{Pa, ja } \theta \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (5)$$

$$p_{\text{sat}} = 610,5e^{\frac{21,8750}{265,5+\theta}}, \text{Pa, ja } \theta < 0 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (6)$$

4. Parciālā spiediena sadalījums konstrukcijā

Parciālā spiediena sadalījumu konstrukcijā var noteikt, izmantojot tvaika slāņu caurlaidības pretestību:

$$p_x = p_i - \frac{\sum_{i=1}^n R_{\text{tv}i}}{R_{\text{tv}}} (p_i - p_e), \quad (7)$$

vai gaisa difūzijas ekvivalentu:

$$p_x = p_i - \frac{\sum_{i=1}^n S_d}{S'_{d,n}} (p_i - p_e), \quad (8)$$

kur p_x – parciālais spiediens konstrukcijas šķērsriezuma x punktā, Pa;

p_i – iekšējā gaisa parciālais spiediens, Pa;

p_e – ārējā gaisa parciālais spiediens, Pa;

R_{tv} – konstrukcijas pilnā pretestība tvaika caurlaidībai, $(m^2 \cdot h \cdot Pa)/mg$;

$S'_{d,n}$ – konstrukcijas gaisa difūzijas ekvivalents, m;

$\sum_{i=1}^n S_d$ – visu to slāņu gaisa difūzijas ekvivalents, kas atrodas starp iekšējo gaisu un šķērsriezuma x punktu, kurā tiek noteikts parciālais spiediens, m.

Ūdens tvaika difūzijas ekvivalentais gaisa slāņa biezums ir nekustīga gaisa slāņa biezums, kam ir tāda pati ūdens tvaika difūzijas pretestība kā apskatāmajam materiālam:

$$s_d = \mu d, \quad (9)$$

kur μ – ūdens tvaika pretestības faktors;

d – materiāla slāņa biezums, m.

Ūdens tvaika pretestības faktoru nosaka saskaņā ar standartu LVS EN 12086 vai pēc LBN 002-15 pielikuma 6. un 7. tabulas, kur ir noteiktas μ vērtības viendabīgiem būvmateriāliem un siltumizolācijas materiāliem.

Atsevišķa slāņa tvaika caurlaidības pretestība:

$$R_{tv} = \frac{d}{\delta}, (m^2 \cdot h \cdot Pa)/m, \quad (10)$$

kur d – slāņa biezums, m;

δ – materiāla tvaika caurlaidības koeficients, $mg/(m \cdot h \cdot Pa)$.

Dažādu lokšņu un plānu tvaika izolācijas materiālu tvaika caurlaidības pretestība ir parādīta 3. tabulā.

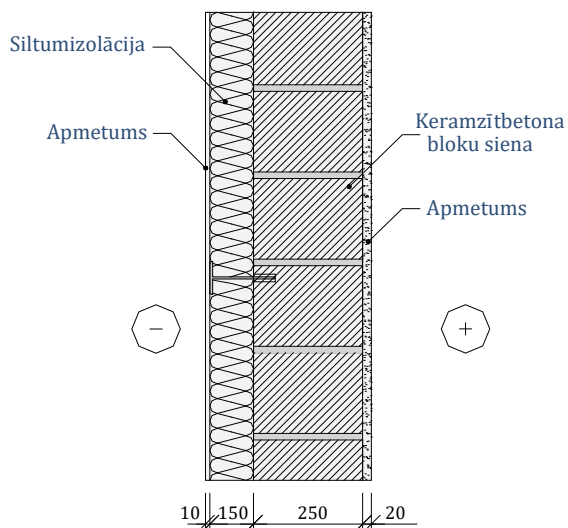
Dažādu lokšņu un plānu tvaika izolācijas materiālu tvaika caurlaidības pretestība

Materiāls	Materiāla biezums, mm	Tvaika caurlaidības pretestība R_{tv} , ($m^2 \cdot h \cdot Pa$)/m
Kartons	1,300	0,016
Ģipškartons	10,000	0,120
Karstā bituma krāsojums viena kārtā	2,000	0,300
Emaljas krāsas pārklājums	-	0,480
Polietilēna plēve	0,160	7,300
Ruberoīds	1,500	1,100
Jumta pape	1,900	0,400
Trīs kārtās līmētais saplāksnis	3,000	0,150
Kartons	1,300	0,016

2. pielikumā ir atspoguļoti atsevišķu materiālu tvaika caurlaidības koeficienti.

5. Aprēķinu piemērs

Praktiskiem nolūkiem apskatīsim mitruma režīmu ārējas konstrukcijā, kura sastāv no homogēniem slāņiem. Konstrukcija ir parādīta 1. zīmējumā.



1. zīm. Sienas konstrukcija ar putu polistirolu un plāno apmetumu.

Apskatāmā siena sastāv no šādiem slāņiem:

- 1) iekšējā apdare – apmetums;
- 2) keramzītbetons;
- 3) siltumizolācija;
- 4) ārējā apdare – apmetums.

Lai veiktu aprēķinu, no sākuma ir nepieciešams noteikt iekšējā (p_i) un ārējā (p_e) gaisa parciālos spiedienus, izmantojot vienādojumus (2) un (3):

$$p_i = \phi_i p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,55 \cdot 610,5 e^{\frac{17,269-18}{237,3+18}} = 0,55 \cdot 2063 = 1135 \text{ Pa},$$

$$p_e = \phi_e p_{\text{sat}}(\theta_e) = 0,80 \cdot 610,5 e^{\frac{21,875(-20,7)}{265,5+(-20,7)}} = 0,80 \cdot 100 = 80 \text{ Pa}.$$

Dotās konstrukcijas pilnais aprēķins ir parādīts 4. tabulā.

4. tabula

Sienas konstrukcijas mitruma režīma novērtējums,
izmantojot tvaika caurlaidības koeficientu

Slānis	$d, \text{ m}$	$\lambda, \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$R, (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	$\theta_x, \text{ }^\circ\text{C}$	$p_{\text{sat}}, \text{ Pa}$	$\delta, \text{ mg}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$	$R_{\text{tv}}, (\text{m}^2\text{h}\cdot\text{Pa})/\text{mg}$	$p_x, \text{ Pa}$
Iekšējais gaiss				18,0	2063			1135
Iekšējā virsma			0,130	16,9	1924			
Iekšējā apdare	0,02	0,900	0,022			0,098	0,204	
Uz slāņu robežas				16,7	1900			1088
Keramzītbetons	0,25	0,285	0,877			0,190	1,316	
Uz slāņu robežas				9,3	1171			786
Siltumizolācija	0,15	0,043	3,488			0,050	3,000	
Uz slāņu robežas				-20,3	100			98
Ārējā apdare	0,01	0,900	0,011			0,120	0,083	
Ārējā virsmā			0,040	-20,3	100			80
Ārējais gaiss				-20,7				
			4,570				4,600	

Tabulā var redzēt, ka visās plaknēs parciālais ūdens tvaika spiediens (p_x) ir mazāks par piesātināta ūdens tvaika spiedienu, un līdz ar to var secināt, ka kondensāts konstrukcijā neveidojas.

Tālāk praktiski tiek parādīts, kā noteikt temperatūras un ūdens tvaika spiediena sadalījumu uz slāņu robežām.

Temperatūra uz slāņu robežas starp iekšējo apdari un keramzītbetonu:

$$\theta_x = \theta_i - \frac{\sum_{j=1}^n R_j}{R_T} (\theta_i - \theta_e) = \frac{0,13 + 0,022}{4,57} (18 - (-20,7)) = 16,7^\circ\text{C}.$$

Tā kā temperatūra uz slāņu robežas ir virs 0°C , piesātinātu ūdens tvaika spiedienu nosakām, izmantojot vienādojumu (5):

$$p_{\text{sat}} = 610,5e^{\frac{17,269\theta}{237,3+\theta}} = 610,5e^{\frac{17,269 \cdot 16,7}{237,3+16,7}} = 1900, \text{ Pa, kas arī sakrīt ar 2. pielikuma datiem.}$$

Tālāk noteiksim parciālo ūdens tvaika spiedienu uz slāņu robežas starp iekšējo apdari un keramzītbetonu:

$$p_x = p_i - \frac{\sum_{j=1}^n R_{\text{tv}j}}{R_{\text{tv}}} (p_i - p_e) = 1135 - \frac{0,204}{4,6} (1135 - 80) = 1088 \text{ Pa.}$$

Var redzēt, ka uz slāņu robežas starp iekšējo apdari un keramzītbetonu p_{sat} ir lielāks par p_x ($1900 > 1088$). Līdz ar to var secināt, ka šajā plaknē ūdens tvaika kondensācija nenotiek. Parciālais ūdens tvaika spiediens uz slāņu robežas starp keramzītbetonu un siltumizolāciju:

$$p_x = 1135 - \frac{0,204 + 1,316}{4,6} (1135 - 80) = 786 \text{ Pa.}$$

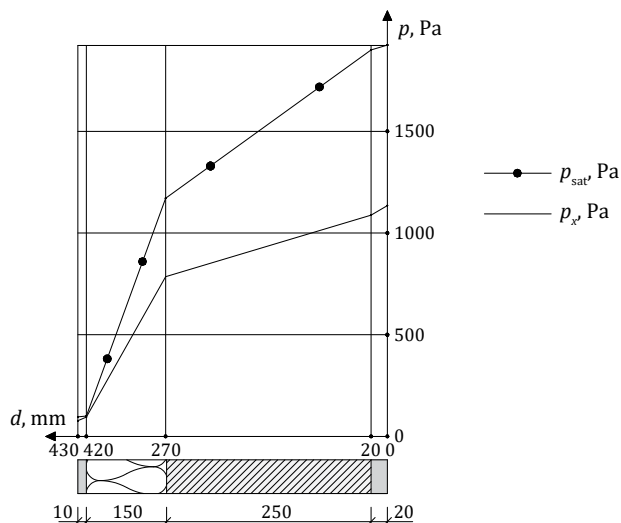
Tā kā p_{sat} ir lielāks par p_x ($1171 > 786$), tad plakne starp keramzītbetonu un siltumizolāciju ir brīva no ūdens tvaika kondensācijas.

Parciālais ūdens tvaika spiediens uz slāņu robežas starp siltumizolāciju un ārējo apdari:

$$p_x = 1135 - \frac{0,204 + 1,316 + 3}{4,6} (1135 - 80) = 98 \text{ Pa,}$$

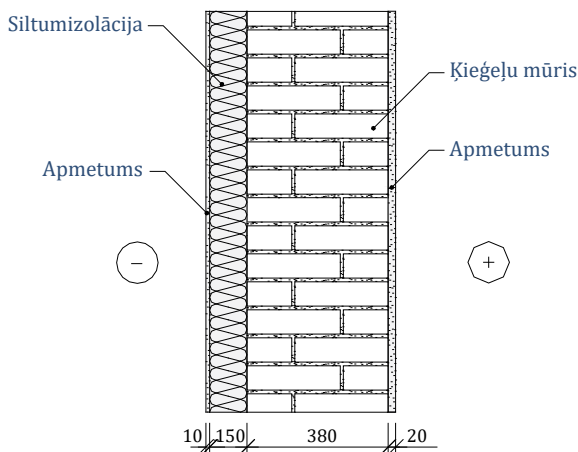
ir nedaudz mazāks par p_{sat} , kas nozīmē, ka pie iekšējā gaisa temperatūras 18°C un relatīvā mitruma 55 % kondensācijas risks nepastāv.

2. tabulas aprēķinu rezultātus var atspoguļot arī grafiski. 2. zīmējumā ir parādīts ūdens tvaika spiediena sadalījums atkarībā no slāņu biezumiem.



2. zīm. Ūdens tvaika spiediena sadalījums konstrukcijā.

Tālāk apskatīsim siltinātās ķieģeļu sienas mitruma režīmu, izmantojot ūdens tvaika pretestības faktoru. Konstrukcija ir parādīta 3. zīmējumā.



3. zīm. Ķieģeļu sienas konstrukcija ar putu polistirolu.

Apskatāmā siena sastāv no šādiem slāņiem:

- 1) iekšējā apdare – apmetums;
- 2) ķieģeļu mūris;
- 3) siltumizolācija;
- 4) ārējā apdare – apmetums.

Temperatūra uz slāņu robežas starp ķieģeļu mūri un siltumizolāciju:

$$\theta_x = \theta_i - \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{R_T} (\theta_i - \theta_e) = \frac{0,13 + 0,022 + 0,469}{4,66} (18 - (-20,7)) = 12,2^\circ\text{C}.$$

Tā kā temperatūra uz slāņu robežas ir virs 0°C , piesātinātu ūdens tvaika spiedienu nosakām, izmantojot vienādojumu (5):

$$p_{\text{sat}} = 610,5e^{\frac{17,269\theta}{237,3+\theta}} = 610,5e^{\frac{17,269 \cdot 12,2}{237,3+12,2}} = 1420 \text{ Pa}.$$

Parciālais ūdens tvaika spiediens uz slāņu robežas starp ķieģeļu mūri un siltumizolāciju:

$$p_x = p_i - \frac{\sum_{d=1}^n S_d}{S'_{d,n}} (p_i - p_e) = 1135 - \frac{0,12 + 5,7}{17,32} (1135 - 80) = 779 \text{ Pa}.$$

Tā kā p_{sat} ir lielāks par p_x , plakne starp keramzītbetonu un siltumizolāciju ir brīva no ūdens tvaika kondensācijas.

Parciālais ūdens tvaika spiediens uz slāņu robežas starp siltumizolāciju un ārējo apdari:

$$p_x = 1135 - \frac{0,12 + 5,7 + 9}{17,32} (1135 - 80) = 230 \text{ Pa},$$

ir lielāks par p_{sat} , kas nozīmē, ka šajā plāknē veidojas ūdens tvaiku kondensācija.

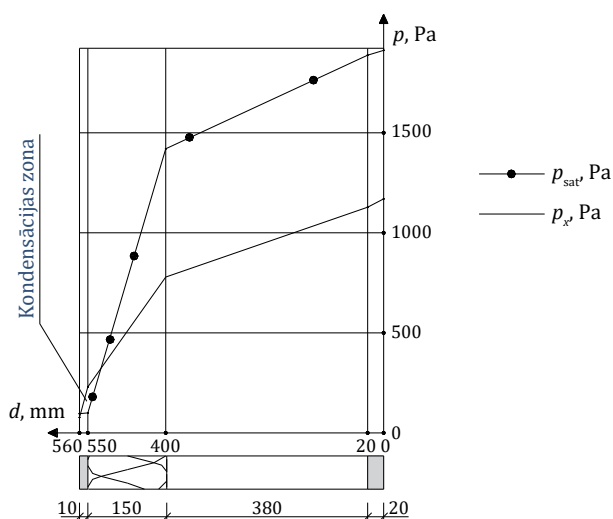
Dotās konstrukcijas pilnais aprēķins ir parādīts 5. tabulā.

Tabulā atspoguļotie mitruma režīma novērtējuma aprēķina dati liecina par to, ka kondensācija notiek plāknē starp siltumizolāciju un ārējo apdari. Lai izvairītos no kondensācijas pie temperatūras $-20,7^\circ\text{C}$, ir ieteicams izmantot ārējo apmetumu ar ūdens tvaika pretestību (s_d) zemāku par 0,4 m. Parciālā un piesātinātā ūdens tvaika spiediena sadalījums konstrukcijā, atkarībā no slāņu biezumiem, ir parādīts 4. zīmējumā.

Lai pārliecinātos, ka uzkrātais kondensāts izžūst vasaras laikā, ir nepieciešams veikt aprēķinu gada laikā, izmantojot LVS EN ISO 13788 "Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehnikas īpašības. Iekšējās virsmas temperatūra, lai izvairītos no kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas. Aprēķina metodes".

Sienas konstrukcijas mitruma režīma novērtējums,
izmantojot ūdens tvaika pretestības faktoru

Slānis	$d, \text{ m}$	$\lambda, \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	$R, \text{ (m}^2\text{K)/W}$	$\theta_x, \text{ }^\circ\text{C}$	$p_{\text{sat}}, \text{ Pa}$	μ	$s_d, \text{ m}$	$p_x, \text{ Pa}$
Iekšējais gaiss				18,0	2063			1135
Iekšējā virsma			0,130	16,8	1912			
Iekšējā apdare	0,02	0,900	0,022			6	0,120	
Uz slāņu robežas				16,6	1888			1128
Ķieģeļu mūris	0,38	0,810	0,469			15	5,700	
Uz slāņu robežas				12,2	1420			779
Siltumizolācija	0,15	0,043	3,488			60	9,000	
Uz slāņu robežas				-20,2	101			230
Ārējā apdare	0,01	0,900	0,011				2,500	
Ārējā virsmā			0,040	-20,3	100			77
Ārējais gaiss				-20,7	96			
			4,160				17,320	



4. zīm. Ūdens tvaika spiediena sadalījums siltinātā ķieģeļu sienā.

Papildus jāizvērtē apmetuma atšķelšanās risks kondensāta aizsalšanas un atkuššanas procesā. Šī problēma īpaši aktualizējas pie paaugstinātas iekšējā gaisa temperatūras un mitruma satura, piemēram, vannas istabās un telpu remontdarbu laikā, kad notiek betonēšanas un apmetuma darbi.

6. Ieteicamās literatūras saraksts

1. Belindževa-Korkla, O. *Norobežojošo konstrukciju siltumtehnikie aprēķini. Metodiskie norādījumi LBN 002-01 izmantošanai*. Rīga: RTU Izdevniecība, 2002, 168 lpp.
2. Borodiņecs, A., Krēsliņš, A. *Būvniecības siltumfizika ēku projektētājiem*. Rīga: RTU izdevniecība, 2007, 131 lpp.
3. LBN 002-15 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”.
4. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 211-15 “Dzīvojamās ēkas”.
5. LVS EN ISO 13788 “Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehniskās īpašības. Iekšējās virsmas temperatūra, lai izvairītos no kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas. Aprēķina metodes”. 2003, 36 lpp.
6. Hens, H. *Applied Building Physics: Ambient Conditions, Building Performance and Material Properties*, 2nd Edition. Berlin: Ernst & Sohn, 2016.
7. Fokin, K. F., Tabunšikov, Ju. A., Gagarin, V. G. *Stroitel'naja teplotehnika ograždajuših častej zdanij*. Izd. 5-e. Moskva: Avok-Press, 2006, 256 s.

PIELIKUMI

1. pielikums

Piesātināts ūdens tvaiku spiediens p_{sat} , Pa

°C	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3443
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1458
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

2. pielikums

Atsevišķu materiālu tvaika caurlaidības koeficienti

Materiāls	Blīvums ρ_0 , kg/m ³	Tvaika caurlaidības koeficients δ , mg/(m·h·Pa)
Lietie betoni ar šķembām vai oļiem	2200	0,040
Dzelzsbetons	2500	0,030
Normāla mūrjava, iejaukta būvobjektā	1800	0,090
Kaļķu-smilšu-cementa java	1700	0,098
Keramikas ķieģeļi 1400 kg/m ³ bruto cementa-smilšu java	1600	0,140
Keramikas ķieģeļi 1000 kg/m ³ bruto cementa-smilšu java	1200	0,170
Silikātķieģeļi cementa-smilšu java	1500	0,130
Keramzītbetons	800	0,190
Priede un egle šķērsām šķiedrām	500	0,060
Priede un egle paralēli šķiedrām	500	0,320
Ozols šķērsām šķiedrām	700	0,050
Ozols paralēli šķiedrām	700	0,300
Saplāksnis	600	0,020
Presētais kartons	1000	0,060
Daudzslāņu kartons	650	0,083
Kokšķiedru plātne	1000	0,120
Kokšķiedru plātne	600	0,130
Kokšķiedru plātne	400	0,190
Kokšķiedru plātne	200	0,240
Putu polistirols	40	0,050
Minerālvates plāksnes	30	1,000
Daudz slāņu linolejs polivinilhlorīda un linolejs polivinilhlorīda uz auduma pamata	1800–1600	0,002