

Cik vērtā ir būvprojektu energoefektivitātes sadaļas detalizēta izstrāde?

Nereti ēku būvproblēmās tiek vainots būvnieks, nekvalitatīvi būvmateriāli vai iekārtas. Taču tādos gadījumos reti aktualizējas jautājums, cik kvalitatīvi un pilnvērtīgi ir bijusi izstrādāta ēkas projekta dokumentācija. Tāpat kā bez labiem, pamatīgiem mājas pamatiem nav iespējams uzbūvēt stabilu māju, tāpat arī nav iespējams uzbūvēt energoefektīvu būvi, ja projekta energoefektivitātes sadaļa sastāv tikai no dažiem teikumiem vai pāris mežgliem, kas iegūti no dažādiem katalogiem.

Šobrīd par ēkas energoefektivitātes sadaļu pārsvarā gadījumu ir atbildīgs arhitekts vai būvkonstruktors. Taču, iepazīstoties un izvērtējot daudzu projektu siltumtehniko sadaļu un konstatējot problēmas objektos, neviļus rodas jautājumi:

- a) vai norobežojošo konstrukciju aprēķinu detalizācijas pakāpe atbilst LBN 002-01 noteiktajam līmenim?
- b) vai aprēķinu veidā tiek novērtēta izstrādāto risinājumu ūdens tvaika kondensācijas riska pakāpe?

- c) vai tiek analizēti termiskie tilti un to atbilstība LBN 002-01 noteiktajām robežvērtībām?
- d) vai tiek aprēķināts ēkas īpatnējais siltumenerģijas patēriņa rādītājs?

Patiesība ir tāda, ka daudzi nemaz neaizdomājas, piemēram, par to, ka kaut kāds neredzams ūdens tvaiks var radīt lielus bojājumus ēkās, un par to, ka par tā «savaldīšanu» būtu jādomā tikpat nopietni, kā par konstrukciju noturību vai ēkas elektrosadales sistēmu.

Paskatīsimies uz dažiem piemēriem no

Mitruma procesu analīze

1.1. Jumta konstrukcija

Siltumtehnikiski nepareizi izveidota jumta konstrukcija 1600 m² pēc trīs gadu ekspluatācijas ir pilnībā pakļauta pelējumam, un no jumta regulāri tek ūdens kondensāts iekštelpās.



1.2. Ārsienas konstrukcija

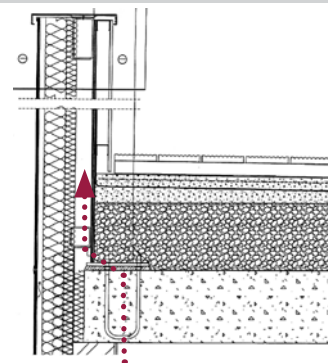
Siltumtehnikiski nepareizi izveidota ārsiena 1000 m² pēc viena gada ekspluatācijas – ūdens tvaika radīti ārējā apdares slāņa bojājumi.



Termiskie tilti

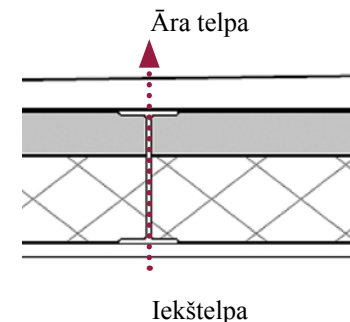
2.1. Parapets

Termiskais tilts pārseguma un ārsienas (parapeta) vietā.



2.2. Jumta pārsegums

Siltumizolācijas slānis 200 mm biezumā paredzēts no iekštelpas puses, un visa pārseguma biezumā ir caurejoša nesošā dubultā T profila metāla sija.



objektiem Latvijā, kas atspoguļo tikai nelielu daļu no faktiskās problēmas. Kā redzams, siltumtehniko procesu nepietiekama apzināšana rada sekas, kas var būt diezgan smagas, un kāds par tām jau noteikti ir dārgi samaksājis. Tāpēc būtu vērts mācīties no citu kļūdām un tās neatkārtot, jo visus uzrādītos defektus bija iespējams novērst vēl projektēšanas stadijā, ja vien pienācīgā līmenī tiktu veikti visi nepieciešamie aprēķini.

Piemēram, izanalizējot ārsienas konstrukcijas (1.2. attēls) ūdens tvaika kondensācijas risku (skatīt aprēķina rezultātus blakus) projekta stadijā, jau būtu skaidri redzams, ka, ņemot vērā izvēlētos materiālus un iekštelpas mikroklimata parametrus, problēmas ir neizbēgamas, jo konstrukcijā veidojas ļoti liels kondensāta daudzums (1,34 kg/m²). Tik liela apjoma kondensāta daudzuma veidošanās saskaņā ar normatīvajām prasībām norobežojošajās konstrukcijās nav pieļaujama, un tas būtiski pasliktina gan konstrukcijas siltuma pretestības rādītāju, gan rada bojājumus uz apdares virsmas (kas arī apstiprinājās jau pēc ēkas pirmā ekspluatācijas gada).

Ja mitruma procesu analīze jau projekta stadijā tiktu veikta visām Latvijā uzbūvētajām terasēm, tad šodienas problemātisko terašu statistika noteikti būtu citāda!

Ārsienas konstrukcija

Kondensāta balance kg/m²

Janvāris	0,8792
Februāris	1,1563
Marts	1,3427
Aprīlis	1,2343
Maijs	0,6363
Jūnijs	-0,1411
Jūlijs	
Augusts	
Septembris	
Oktobris	0,0405
Novembris	0,2641
Decembris	0,5516
Kopā max	1,3427

Tas pats attiecas arī uz termisko tiltu analīzi – ja projektēšanas stadijā rūpīgi tiktu analizēti ēkas termiskie tilti, konstrukciju siltināšanas risinājumi būtu daudz siltumtehnikiski efektīvāki un pieļautās kļūdas, kā arī siltuma zudumi no ēkām būtu daudz mazāki.

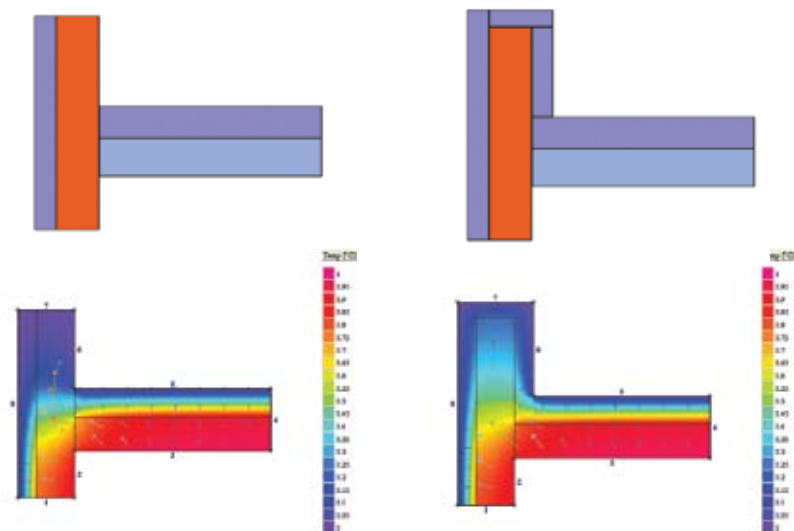
Daudzi no termisko tiltu novēršanas risinājumiem neprasa lielus finanšu resursus, taču to radīto seku novēršana var izmaksāt vairākas reizes dār-

gāk. Piemēram, parapeta mezglā 2.1. attēlā būtu nepieciešams pavisam neliels papildu siltumizolācijas un blīvējošo materiālu daudzums. Taču, lai novērstu termiskā tilta radīto defektu iekštelpas ārsienas/jumta stūrī, izmaksas jau būs par kārtu lielākas, un vēl papildus ir jāievērtē apkures maksājumi par tā radītajiem siltuma zudumiem visās apkures sezonās turpmākajos gados.

Termisko tiltu analīze mūra ārsienas parapeta mezglam

3.1. Ārsiena ar NESiltinātu parapetu

3.2. Ārsiena ar siltinātu parapetu



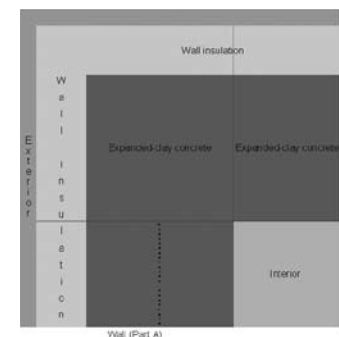
Lineārā termiskā tilta vērtības aprēķins ārsienas ārējā stūrī atkarībā no nesošā materiāla veida

Atšķirība Ψ vērtībai starp abiem risinājumiem veido 70%, tātad arī siltuma zudumi caur nepareizi novērtētu ārsienas stūri būs par 70% lielāki vai mazāki.

Protams, ka vieglāk ir uzstādīt lielākas jaudas apkures katlu un neieslīgt detaļās, taču jauda maksā naudu, un cik patiesībā racionāli ir uzstādīt neadekvāti

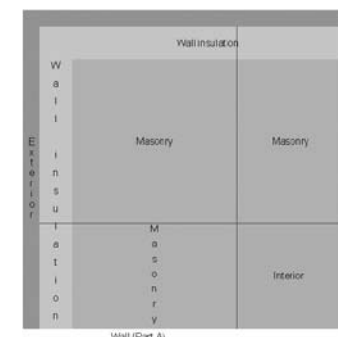
4.1. Vieglobetona konstrukcija

Keramzītbetons Ψ – 300 mm ($\lambda=0,20$ W/m K)
Siltumizolācijas materiāls – 100 mm
($\lambda=0,04$ W/m K)
Lineārā termiskā tilta vērtība $\Psi=0,068$ W/m K



4.2. Ķieģeļu mūris

Ķieģeļu mūris Ψ – 510 mm ($\lambda=0,70$ W/m K)
Siltumizolācijas materiāls – 100 mm
($\lambda=0,04$ W/m K)
Lineārā termiskā tilta vērtība $\Psi=0,22$ W/m K



jaudīgu katlu, sildķermeņus u. tml. ierīces? Līdz ar to detalizēti siltumtehnikiskie aprēķini var arī palīdzēt pareizi novērtēt citu sistēmu jaudas vai noslogojumu.

Ja projekta mērķis ir energoefektīva un siltumtehnikiski pareizi uzprojektēta un uzbūvēta ēka, bez specializētajiem siltumtehnikiskajiem aprēķiniem to nav iespējams sasniegt. Neveicot detalizētu analīzi, pavisam ātri var pieļaut daudzas kļūdas un neievērtēt dažādus blakus faktorus, kas var negatīvi ietekmēt plānoto galarezultātu.

Daudziem ir pašsaprotami, ka ēkas noturības aprēķinus veic konstruktors, par grafisko projekta sadaļu atbild arhitekts, tāmes sastāda tāmētājs, taču tajā pašā laikā par specializēto siltumtehnikisko aprēķinu veikšanu atbild kāds, kurš daudz labāk dara pavisam kaut ko citu. Un tas viss notiek laikā, kad energoefektivitāte ir daudzu projektu uzstādītais moto.

Pirmās pozitīvās vēsmas ir jau pama-

nāmas, jo gan atsevišķas pašvaldību organizācijas, gan privātie uzņēmumi un privātpersonas sāk pieaicināt attiecīgās kompetences speciālistus jau ēkas projekta izstrādes stadijā, lai kopīgā darbā ar arhitektu iegūtu būtiski augstākas kvalitātes projektus.

Pozitīvajam piemēram būtu jāseko arī pārējiem, un nevajadzētu paļauties vien uz varbūtību, ka gan jau viss būs labi, bet izanalizēt visu vēl pirms projekta ieviešanas dzīvē.

Andris Vulāns,

Mg. sc. ing.,

LLU Lauku inženieru fakultātes lektors, praktizējošs konsultants par būvfizikas jautājumiem

PROJEKTU FINANSIĀLI ATBALSTA:



Ēkas gaisscaurlaidība –

nenovērtēts ēkas energoefektivitātes kvalitātes kritērijs

Energoefektīvu ēku būvniecība ir šodienas vadmotīvs un daudzu būvniecības procesu dzinulis. Ārsienas, bēniņi un jumti tiek siltināti, logi tiek mainīti, tiek būvētas zema enerģijas patēriņa ēkas. Vārdus sakot, Latvijā ēkas top energoefektīvākas.

Taču bieži vien daudzi «energoefektīvie projekti» tādi ir tikai uz papīra, nevis praksē, piemēram, vērtējot pēc faktiskajiem siltumskaitītāju rādītājiem. Kāpēc tā notiek? Viennozīmīgas atbildes, protams, nav, jo būvniecības procesā ir iesaistītas vairākas puses. Tomēr, paskatoties uz procesu kopumā, ir skaidri redzams, ka pamatinstruments ir norobežojošo konstrukciju termiskās pretestības palielināšana, kas nenoliedzami ir ļoti efektīvs veids, kā paaugstināt ēku energoefektivitātes rādītājus un samazināt CO₂ izmešus atmosfērā. Bet vai tādā veidā ir iespējams panākt maksimālo efektu? Diemžēl ne, jo **augstākus energoefektivitātes rādītājus var sasniegt, vienīgi veicot visu darbu kompleksu.**

Un viens no papilddarbiem, lai samazinātu siltumenerģijas patēriņu ēkās, ir **zemas gaisscaurlaidības nodrošināšana norobežojošajās konstrukcijās.** Ir ļoti svarīgi saprast, ka ēkas konstrukciju zema gaisscaurlaidība nav saistīta ar «konstrukciju elpošanu» un/vai telpu ventilāciju, bet gan ar konstruktīviem neblīvumiem, kas galvenokārt var veidoties norobežojošo konstrukciju salaidumu vietās.

Izvērtēsim šo jautājumu plašāk.

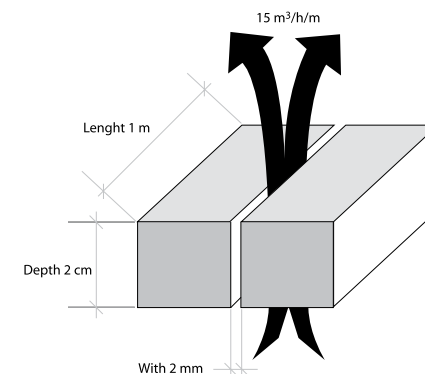
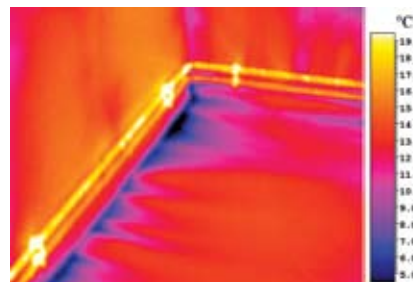
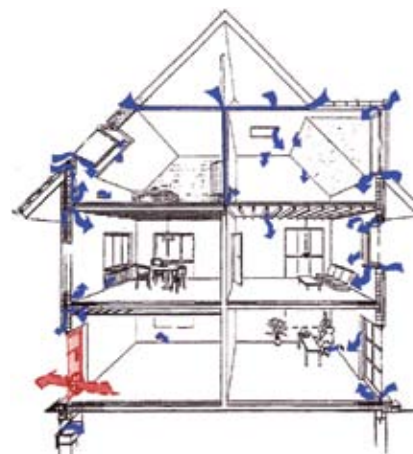
Nedaudz no fizikas

Siltuma pārnese norisinās difūzi un konvektīvi. Konvektīvie masas pārnese procesi parasti ir daudz reižu efektīvāki nekā difūzie. Līdz ar to ir ļoti būtiski novērst konvektīvos masas pārnese procesus norobežojošajās konstrukcijās starp iekštelpas vidi un ārējo vidi. Turklāt, izmantojot vienīgi siltumizolācijas materiālus, to nav iespējams panākt.

Daudzu Latvijas «energoefektīvo projektu» vājā vieta ir tā, ka nav atrisināti ēkas gaisscaurlaidības jautājumi.

Kāpēc tas ir būtiski?

Neblīva ēka nozīmē nekontrolējamu aukstā āra gaisa ieplūdi iekštelpās un siltā gaisa noplūdi caur dažāda veida neblīvumiem konstrukcijās. Līdz ar to pieplūstošā aukstā gaisa uzsildīšanai telpā nepārtraukti ir jāpievada papildu siltums. Caur dažādiem neblīvumiem ieplūstošā gaisa sasildīšana var veidot pat 40% no kopējiem siltuma zudumiem. Liela nekontrolēta gaisa plūsma rada arī caurvēju, mitruma bojājumus konstrukcijās un telpu pārkaršanu vasarā. Piemēram, caur vienu metru garu, divus milimetrus platu un 10 centimetrus dziļu spraugu pie 6 Pa spiedienu



starpības telpā vienā stundā var ieplūst 15 m³ gaisa.

Neblīvumi un svaigs gaiss

Tas nav viens un tas pats. Ņemot vērā, ka gaisa apmaiņas intensitāti caur dažādiem neblīvumiem ietekmē gan vēja stiprums, gan vides temperatūru starpība, gan arī ēkas augstums, caur neblīvumiem nav iespējams nodrošināt nepieciešamo svaigā gaisa padevi iekštelpās. Vienīgi, ja ēka ir ļoti neblīva, svaigā gaisa padeve var būt pietiekama, bet tādā gadījumā ēku nekādā gadījumā nevar dēvēt par energoefektīvu un cerēt uz maziem apkures rēķiniem.

Normatīvās prasības

Valsts normatīvajos aktos (Latvijā LBN) līdztekus norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības koeficientu normatīvajām vērtībām tiek normēta arī pieļaujamā ēkas gaisscaurlaidība. LBN 002-01 IV nodaļā ir noteikts, ka «maksimālā pieļaujamā gaisscaurlaidība, ja spiediena starpība

	Gaisa plūsma pie 50 Pa	Gaisa apmaiņas kārtā pie 50 Pa
Blīva ēka	zem 2552 m ³ /h	zem 5 h ⁻¹
Vidēji blīva	2552–6804 m ³ /h	5 un 10 h ⁻¹
Neblīva ēka	virs 6804 m ³ /h	virs 10 h ⁻¹

ir 50 Pa, dzīvojamām mājām, pansionātiem, slimnīcām un bērnudārziem ir 3 m³/(m² x h), publiskajām ēkām, izņemot pansionātus un slimnīcas, – 4 m³/(m² x h), ražošanas ēkām – 6 m³/(m² x h)».

Savukārt Vācijā saskaņā ar DIN 4108-7 ir noteikts, ka:

- ēkās ar dabisko vēdināšanu gaisa apmaiņas kārtā nevar pārsniegt $n_{50, \max} = 3 \text{ h}^{-1}$
- ēkās ar mehānisko ventilācijas sistēmu gaisa apmaiņas kārtā nevar pārsniegt $n_{50, \max} = 1,5 \text{ h}^{-1}$.

Pasīvās mājas standartiem atbilstošas mājas gaisa apmaiņas kārtā ir $n_{50, \max} = 0,6 \text{ h}^{-1}$.

Tātad, jo energoefektīvāku ēku mēs vēlamies iegūt, jo gaisa necaurlaidīgākai tai jābūt.

Pārbaudes tehnoloģija

Viena no pasaulē atzītākajām un plašāk izmantojamām ēku pārbaudes metodēm ir tā sauktā **Blower Door** tehnoloģija. Šī metodika ļauj izmērīt ēkas gaiscaurlaidību, kā arī identificēt konkrētas defektu vietas konstrukcijās.

Blower Door iekārta sastāv no kalibrēta ventilatora gaisa plūsmas mērījumiem un speciālām mērierīcēm spiediena starpības noteikšanai starp divām mērāmām vidēm.

Uzziņai: Blower Door iekārtas Latvijā iegādāties var uzņēmumā RB&B Būve.

Pārbaudes metodika balstās uz principu, ka starp vidēm tiek radīta 50 paskāļu spiediena atšķirība, kas ir adekvāta 9 m/s stipra vēja iedarbībai uz ēkas visām ārējām konstrukcijām, tādējādi nosakot caur dažādiem neblīvumiem konstrukcijās ieplūstošā āra gaisa daudzumu, un iegūtos mērījumus izsaka:

- gaisa apmaiņas kārtās, attiecinātās uz ēkas iekšējo tilpumu $n_{50} = 1/h$
- gaisa caurlaidības intensitātē, attiecinātā uz grīdas platību $w_{50} = \text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$
- gaisa caurlaidības intensitātē, attiecinātā uz norobežojošo konstrukciju iekšējo virsmu platību $q_{50} = \text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$

Defektu vietu identificēšanai papildus izmanto termogrāfiju un veic gaisa plūsmas mērījumus.

Situācija Latvijā

Kā jau iepriekš minēts, patlaban ne pasūtītājs, ne būvuzņēmums, ne arī būvuzraugs nepievērš pietiekamu uzmanību zemas gaiscaurlaidības nodrošināšanai ēkā. Līdz ar to tikai neliels skaits objektu (arī jaunbūves) atbilst LBN 002-01 23. punkta prasībām.

Ēku gaiscaurlaidības pārbaudes Latvijā piedāvā vairāki uzņēmumi. Papildu informācija: www.rbb.lv; www.buvfizika.lv

Mērījumu rezultāti

- 2006. gadā renovēta privātmāja, apkurināmā platība – 185 m², pakēšu logi, bēniņu siltinājums – 200 mm minerālvate, ārsienu papildu siltinājums – 50 mm. Faktiskais siltumenerģijas patēriņš ir virs 200 kWh/m² gadā. *Izmērītā ēkas gaiscaurlaidība 16 h⁻¹.*
- 2007. gadā uzbūvēta privātmāja, apkurināmā platība – 145 m², pakēšu logi, bēniņu siltinājums – 200 mm minerālvate, ārsienas – bloks ar papildu siltinājumu 100 mm. Faktiskais siltumenerģijas patēriņš ir ap 145 kWh/m² gadā. *Izmērītā ēkas gaiscaurlaidība 8,8 h⁻¹.*

Pēc mērījumu rezultātiem var secināt, ka, neskatoties uz norobežojošo konstrukciju siltumcaurlaidības zemajiem rādītājiem, ēku gaiscaurlaidības rādītājs vairākas reizes pārsniedz būvnormatīvā noteikto līmeni, un faktiskais ēku īpatnējais siltumenerģijas patēriņš ir ļoti liels. Līdz ar to, paredzot ēku siltināšanas darbus, ir jāizstrādā arī papildu risinājumi, izmantojot atbilstošus materiālus, lai nodrošinātu ēkas atbilstību normatīvajiem gaiscaurlaidības rādītājiem un tādējādi samazinātu arī ēkas siltuma zudumus. Kā obligāts darbu kvalitātes kontroles mehānisms ir jāparedz arī ēkas gaiscaurlaidības mērījums objektā.

Andris Vulāns,

Mg. sc. ing., LLU Lauku inženieru fakultātes lektors, praktizējošs konsultants par būvfizikas jautājumiem

Foto: no autora personiskā arhīva

ANDRIS VULĀNS, MS.SC.ING.

80% kopējā mājokļu siltumenerģijas patēriņa veido ēkas ar platību līdz 1000 m²

Domāt un rīkoties energoefektīvi pareizi

Norobežojošo konstrukciju siltumcaurlaidība jeb to spēja samazināt siltumzudumus telpās vienmēr ir bijis ļoti aktuāls jautājums. Arī Latvijā, runājot par nepieciešamajiem norobežojošo konstrukciju siltumpretestības rādītājiem, nekad nav bijusi vienprātība. Vienmēr pastāvējis jautājums: kāda ir minimālā vai arī optimālā to siltumcaurlaidība jeb siltumizolācijas biezums, vērtējot gan no sākotnējo būvizmaksu, gan no ekspluatācijas izmaksu aspekta.

Jāpiemin, ka Latvijā viens no noteikto šajam normatīvajiem dokumentiem šajā ziņā ir LBN 002-01 [1], kas nosaka norobežojošo konstrukciju siltumcaurlaidības koeficientus (U vērtība, W/m²·K). Ievērojot tos, ir iespējams panākt, ka ēkas gada siltumenerģijas patēriņš apkurei uz 1 m² apkurināmās platības ir 90–100 kWh/m². Savukārt pēc pasīvās mājas principiem būvētai ēkai gadā tas ir ne vairāk kā 15 kWh/m², bet pēc zemas enerģijas principiem celtai – ne vairāk kā 40 kWh/m² jeb vidēji par 50% zemāk, nekā prasīts valsts normatīvos. [2]

Latvijā ir uzkrāta zināma praktiskā pieredze, ekspluatējot LBN 002-01 prasībām atbilstošas ēkas, un līdz ar to skaidri ir izkristalizējušies secinājumi, ka ekspluatācijas izmaksas joprojām sastāda būtisku daļu un ka ir jāturpina paaugstināt ēku, tai skaitā jauncelto ēku, energoefektivitāte. Dotās tēzes patiesumu labi atspoguļo arī 1. attēls, kurā skaidri redzams, ka citās valstīs notiek nepārtraukta virzība uz siltumenerģijas patēriņa samazināšanu un efektīvu tās izmantošanu, un šī brīža LBN 002-01 prasības atbilst Eiropas 1980.–1995. gada līmenim. Tāpēc, iespējams, šis ir īstais brīdis, lai at-

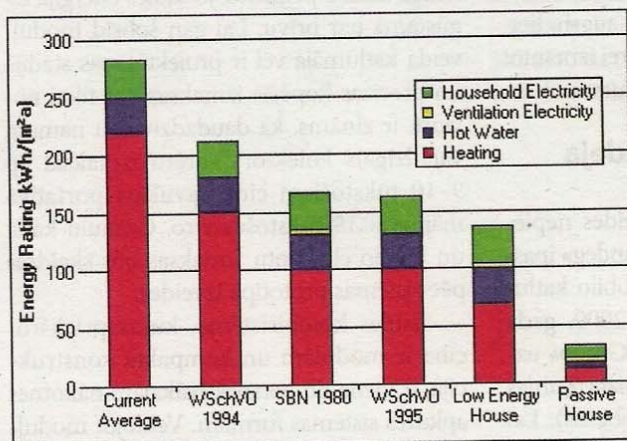
mestu visas šaubas un sāktu domāt, kā arī realizēt projektus, kas atbilst daudz augstākam energoefektivitātes līmenim, nekā noteikts LBN 002-01.

Šajā gadījumā ļoti labs instruments ir pasīvās mājas un zemas enerģijas mājas koncepcija, ar kurām var panākt ļoti augstu energoefektivitāti jeb zemas ekspluatācijas izmaksas. Galvenais faktors, kas vieno visas energoefektīvo māju koncepcijas, ir kompleksa pieeja ēkas risinājumiem, panākot, ka:

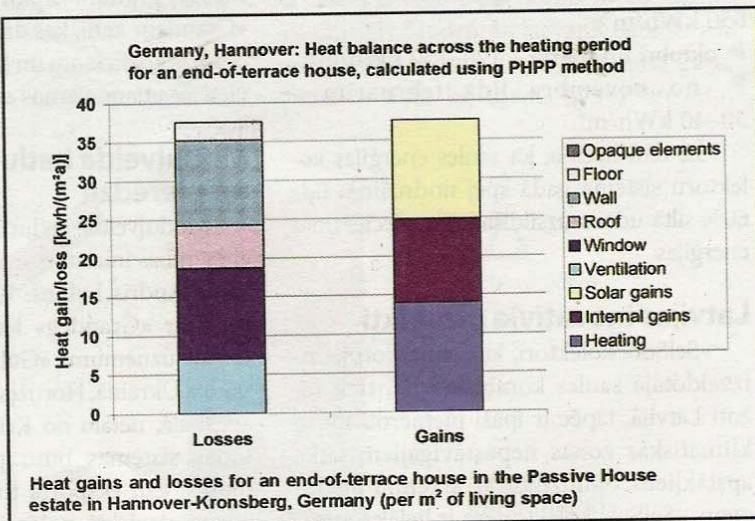
- caur norobežojošajām konstrukcijām siltumzudums ir minimāls un ēkas forma ir ģeometriski vienkārša;
- tiek izmantoti energoefektīvi logi;
- ir ļoti augsta ēkas blīvuma pakāpe;
- ventilācijas sistēma nodrošina efektīvu rekuperāciju;
- efektīvi tiek izmantota pasīvā saules enerģija;
- tiek lietotas energoefektīvas elektroierīces un apgaismojums.

Vienā rakstā nav iespējams apskatīt visus minētos argumentus, tāpēc plašāk izvērtēšu dažus:

- norobežojošo konstrukciju siltumcaurlaidību;



Comparison of Energy Ratings of Homes
WSchVO = German Heat Protection Regulation
SBN = Swedish Construction Standard



Heat gains and losses for an end-of-terrace house in the Passive House estate in Hannover-Kronsberg, Germany (per m² of living space)

1. tabula. Ārsienas konstrukcija

Nr.	Konstrukcijas pamateriāli
1	Koka karkasa konstrukcija: ģipškartons – 12,5 mm, minerālvate – 50 mm, tvaika barjera – 0,2 mm, minerālvate – 200 mm, pretvēja minerālvates plāksne – 30 mm, ventilējama fasādes apdare.
2	Apmetums – 10 mm, keramzītbetona bloks – 250 mm, cietās minerālvates plāksnes – 175 mm, apmetums – 10 mm.
3	Apmetums – 5 mm, gāzbetona siena – 500 mm, tilpummasa – 300 kg/m ³ , apmetums – 5 mm.
4	Apmetums – 10 mm, fibrolīts – 75 mm, tvaika barjera – 0,2 mm, kokšķiedras pretvēja plāksne – 25 mm, kokšķiedras siltumizolācija – 145 mm (tilpummasa – 32 kg/m ³), kokšķiedras pretvēja plāksne – 25 mm, fibrolīts – 50 mm, apmetums – 10 mm.

2. tabula. Ārsienas siltumtehniko aprēķinu rezultāti

Raksturojums	1	2	3	4
Sienas biezums, mm	335	450	510	340
Svars, kg/m ²	22	221	167	101
U-vērtība, W/m ² ·K	0,150	0,183	0,174	0,166
Siltuma pretestība R, (m ² ·K)/W	6,66	5,46	5,74	6,02
Samazinājuma amplitūda, K	5,25	82,8	82,85	119,7
Laika nobīde τ, stundas	6,51	17,27	21,46	18,35

Jo lielāka nobīde τ laikā, jo vairāk laika paiet, līdz ārējās virsmas temperatūra sasniedz iekšējo virsmu. Lielums K savukārt parāda, cik reizi samazinās temperatūras svārstību amplitūda uz iekšējās virsmas.

- norobežojošo konstrukciju jeb ēkas blīvumu;
- svaigā gaisa apmaiņas intensitāti jeb ventilāciju.

Vispārēju priekšstatu par siltumzudumu un siltuma avotiem pasīvajās mājās var gūt 2. attēlā.

Zemas siltumcaurlaidības norobežojošo konstrukciju izmantošana zemās enerģijas un pasīvajās mājās ir viens no galvenajiem priekšnosacījumiem, kā iegūt definēto gada siltumenerģijas patēriņu 1 m² apkurei. Ja nav iespējams panākt, ka siltumzudumi caur norobežojošajām konstrukcijām (ār-sienām, 1 stāva grīdu, bēniņu pārsegumu)

ir ļoti mazi, tad tālāk domāt par energo-efektīvas ēkas būvniecību nav vērts, jo nav ekonomiska pamatojuma uzstādīt jaudīgas inženieriekārtas un ar tām censties kompensēt šādi radušos lielos siltumzudumus. Ir jāatceras, ka iekārtu (siltumsūkņa, mehāniskās ventilācijas sistēmas) darbināšanai izmanto vienu no dārgākajiem enerģijas veidiem – elektrību.

Salīdzinājumā ar citiem siltumzuduma avotiem norobežojošo konstrukciju siltumpretestības paaugstināšana ir vienkāršākais un arī salīdzinoši lētākais pasākums, līdz ar to nav jāskopojas ar siltumtehniko efektīvu konstrukciju izvēli.

Pasīvas mājas norobežojošo konstrukciju U vērtībai jābūt no 0,15 līdz 0,10 W/m²·K, bet zemās enerģijas mājā tā parasti nepārsniedz 0,20 W/m²·K. Kad izvēlas norobežojošās konstrukcijas, piemēram, ārsienas, jumtu, tad, lai telpas nepārkarstu vasarā un maksimāli varētu izmantot pasīvo saules enerģiju, jāņem vērā ne tikai to U vērtība, bet arī siltuma inerģe. Veiksmīgu konstruktīvo risinājumu siltumtehniko raksturojumu salīdzināšanu, lai novērtētu to piemērotību energoefektīvām norobežojošajām konstrukcijām. Kā aprēķinu atskaites vērtību pieņemšu, ka U ir 0,20 W/m²·K, kas atbilst zemas enerģijas mājas norobežojošās konstrukcijas rādītājam.

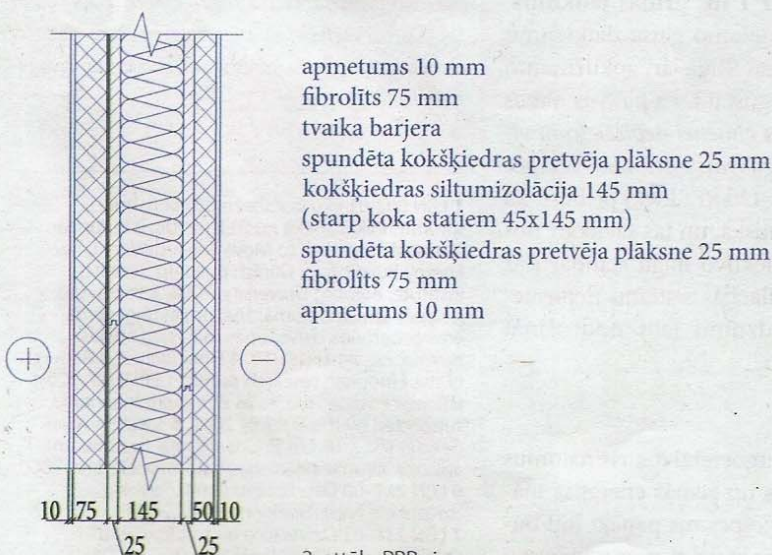
Šobrīd būvpraksē pārsvarā tiek izmantoti šādi ārsienas varianti:

- rūpnieciski vai objektā veidotas koka karkasa konstrukcijas;
- bloku sienas ar vai bez papildu siltinājuma.

Bez šiem arvien biežāk tiek izmantoti arī koka karkass, kurā salīdzinājumā ar klasisko koka karkasa konstrukciju papildus tiek izmantoti materiāli ar lielu siltuma inerģi (skat. 1. tabulu).

Izvērtējot aprēķinu siltumtehnikos rezultātus, var secināt: ja ārsienas veido vairāki slāņi, tad, izmantojot vairākus risinājumus, var panākt, ka U rādītājs atbilst zemas enerģijas mājas līmenim. Salīdzinot konstrukcijas pēc siltuma inerģes parametriem, izriet, ka vadīties tikai pēc konstrukcijas svara nav pareizi, jo šis rādītājs neatspoguļo faktisko tās siltuma akumulācijas spēju. Daudz labākus rādītājus iespējams panākt, ja konstrukciju veido no materiāliem uz koksnes bāzes. Ja izmanto konstrukcijas ar salīdzinoši lielu siltuma inerģi, ir garantēts, ka telpās maksimāli tiks izmantots pasīvas saules enerģijas siltums un iekšējās telpas būs pasargātas no straujas atdzišanas un uzkaršanas, mainoties āra vides parametriem. Ja zina dažādu konstrukciju siltumtehnikos rādītājus, ikviens var izvēlēties sev piemērotāko variantu, novērtējot to arī no sākotnējo būvzīmju pozīcijas.

Nākamais būtiskais solis pēc norobežojošo konstrukciju risinājuma izvēles ir kvalitatīva to izbūve jeb ēkas zemas gaisa caurlaidības nodrošināšana. Latvijā ir izveidojies maldīgs priekšstats, ka labu blīvuma pakāpi var nodrošināt vienīgi mūra ēkas. [3] Šajā sakarā ir vērts minēt Vācijas pasīvas mājas institūta «Passivhaus Institut» pētījuma rezultātus [4], kas apliecina, ka panākt gaisa



3. attēls. RBB siena.

caurlaidības rādītāja n_{50} vērtību ar kārtu zemāku par $0,60 \text{ h}^{-1}$ ir iespējams neatkarīgi no norobežojošo konstrukciju risinājuma, t.i., vienāla – mūris vai koka karkass. LBN 002-01 nosaka, ka dzīvojamām mājām maksimālā pieļaujamā gaisa caurlaidības vērtība ir $3,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{xh})$. Tas nozīmē, ka, ievērojot būvdarbu tehnoloģiju, nepieciešamo gaiscaurlaidības vērtību var panākt neatkarīgi no izvēlētas konstrukcijas. Lai to panāktu, uzmanība jāpievērš arī visām konstrukcijas savienojuma detaļām, piemēram, vietām, kur plaknē saskaras dažādi materiāli, sienas un loga vai grīdas un ār-sienas salaiduma, kā arī komunikāciju atvēruma vietām. Šuvju hermetizācijai nepieciešams izmantot šim mērķim paredzētus materiālus – speciālas limlentes un blīvējamus materiālus.

Veidot ēku ar augstu blīvuma pakāpi nenozīmē, ka veido ēku, kurā «nebūs ko elpot». Tas nozīmē, ka veido ēku, kurā nebūs nekontrolējamas gaisa kustības radīta siltumzuduma un ka vēlāk tas nebūs jākompensē, pievadot papildu siltuma daudzumu. Siltumzudumus, ko rada nekontrolējama gaisa plūsma, nav iespējams izmantot arī rekuperācijas sistēmās.

Uzskatāmībai novērtēšu siltumzudumus, kas atkarīgi tieši no ēkas blīvuma. Tā pakāpi nosaka ar 50 Pa spiediena starpību starp vidēm. Normālos ekspluatācijas apstākļos spiedienu starpība ir būtiski mazāka, ko arī ņemšu vērā aprēķinos. Apskatīšu dzīvojamo māju ar apkurināmo platību 140 m^2 un tilpumu 385 m^3 – pasīvas mājas kritēriji nosaka, ka ēkas blīvuma pakāpei jābūt lielākai par $0,60 \text{ h}^{-1}$. Savukārt LBN 002-01 prasības dzīvojamām mājām nosaka blīvumu, ne mazāku par $3,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{xh})$. Neblīvām mājām gaisa infiltrācija var svārstīties ļoti plašā diapazonā (pieņemšu vērtību 10 h^{-1}). [5] Aprēķini veikti saskaņā ar Rīgas datiem, gaiss tiek sildīts par 20 grādiem visas apkures sezonas garumā.

Rezultāti skaidri parāda – jo blīvāka ēka, jo mazāki ir nelietderīgie izdevumi par apkuri. Energoefektīvas mājas koncepcija paredz, ka siltumzudums tiek maksimāli kontrolēts un no tā gūts arī labums, piemēram, atgūstot siltumu rekuperācijas sistēmās. Šo gaisu izmanto arī telpu ventilēšanai, tomēr jāatceras, ka tā aprīte norisinās 24 stundas vai arī laikā, kad telpās neuzturas cilvēki jeb kad gaisa apmaiņas intensitāte var tikt samazināta.

3. tabula. Infiltrācijas siltuma zudumi atkarībā no ēkas blīvuma pakāpes

Mājas raksturojums	Gaisa apjoms, m^3/h	Siltumenerģijas daudzums gaisa uzsildīšanai, MWh	Izmaksas atkarībā no enerģijas veida, Ls/apkures sezonā
			elektroenerģija centrālā siltumapgāde
Pasīva māja	23	0,76	56,2 26,76
LBN līmenis	116	3,78	281 133,8
Neblīva māja	385	12,6	936,5 446

4. tabula. Siltumenerģijas izmaksas svaigā gaisa uzsildīšanai

Nr. p. k.	Mājas raksturojums	Gaisa apjoms, m^3/h	Gaisa apmaiņas kārta, h^{-1}	Siltumenerģijas daudzums gaisa uzsildīšanai, MWh	Izmaksas atkarībā no enerģijas veida, Ls/apkures sezonā
					elektroenerģija centrālā siltumapgāde
1.1	Pasīva māja	120	0,31	3,93	291,91 139,0
1.2	Rekuperācija	80 %	120	0,79	58,38 27,80
2.1	LBN līmenis	420	1,10	13,75	1021,68 486,50
2.2	Rekuperācija	80 %	420	2,75	204,34 97,30

Energoefektīvās mājās svaigā gaisa nodrošināšanai ir vitāla nozīme. Galvenais ventilācijas uzdevums ir nodrošināt telpās sanitāri higiēniskajām normām atbilstošu gaisa kvalitāti un atbilstošu komfortu. Pasīvajās ēkās šo gaisu izmanto arī apsildei. Pasīvajās un zemās enerģijas mājās, salīdzinot ar Latvijas būvnormatīvos LBN 211-08 [6] un LBN 231-03 [7] definētajiem gaisa apjomiem, ir zināmas atšķirības. Piemēram, pasīvajās mājās nepieciešamo svaigā gaisa daudzumu aprēķina, vadoties pēc vienam cilvēkam nepieciešamā jeb **20–30 m^3/h** , ar nosacījumu, ka gaisa apmaiņa stundā ir vismaz ar kārtu 0,3 un griestu augstums ir 2,5 m. Telpu apdzīvotības līmenis vidēji tiek pieņemts **35 m^2** . Pēc Latvijas būvnormatīviem nepieciešamais apjoms tiek rēķināts atkarībā no telpu tipa un sastāda vismaz **3 m^3/h uz 1 m^2 grīdas laukuma**. Aprēķinot nepieciešamo gaisa daudzumu dzīvojamajai mājai Rīgā ar apkurināmo platību 140 m^2 , iegūstam, ka **pasīvās mājas gadījumā 4 cilvēku ģimenei nepieciešami vidēji 120 m^3 svaiga gaisa stundā, bet pēc LBN kritērijiem – 420 m^3** . Lieki piebilst, ka atšķirība ir ļoti būtiska, un tas savukārt nozīmē, ka energoefektīvo māju standarti ar mehāniskās ventilācijas sistēmu nepieciešamo gaisa daudzumu ļauj nodrošināt maksimāli efektīvi.

Secinājumi

Realizējot energoefektīvus risinājumus saskaņā ar pasīvās un zemās enerģijas mājas vadlīnijām, ir iespējams panākt ļoti būtisku ekspluatācijas izmaksu samazinājumu

salīdzinājumā ar šobrīd Latvijā spēkā esošajiem būvnormatīviem. To var panākt, veicot noteiktu pasākumu kompleksu. Plānojot būvniecību, ir jādoma ne tikai par sākotnējām izmaksām, bet arī par ekspluatācijas izdevumiem. Norobežojošo konstrukciju siltumpretestībai jānodrošina pēc iespējas mazāki siltumzudumi, kas ļauj iebūvēt lielas jaudas inženiersistēmas. **LB**



ANDRIS VULĀNS

Studējis Latvijas Lauksaimniecības universitātē un 2004. gadā ieguvis inženierzinātņu maģistra grādu būvzinātnē. Kopš 2001. gada LLU lektors.

Vairāku zinātnisko un pētniecisko publikāciju autors par siltumtehnikas problēmām ēkās. Kopš 2004. gada SIA «Cetera» valdes loceklis. Darbojas kā energoauditors un neatkarīgais konsultants siltumtehnikas un energoefektivitātes jautājumos.

1 LBN 002-01 Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika. Spēkā no 01.01.2003. **2** European National Strategies to Move Towards Very Low Energy Buildings // Danish Building Research Institute: Aalborg University, 2008. **3** Paplavskis J. Kāpēc jāmaina domāšana, projektējot zema energopatēriņa dzīvojamās mājas // Latvijas Būvniecība, nr. 1, (18)/10. **4** Final Technical Report of the European research project CEPHEUS – Cost Efficient Passive Houses as European Standards supported by the EU. July 2001. **5** Jakovičs A., Gendelis S., Krievāns Z. Ēku siltuma zudumu un apkures siltuma vajadzības datormodelēšana. 2000. **6** LBN 211-08 Daudzstāvu dzudzdziņokļu dzīvojamie nami. Spēkā no 01.03.2009. **7** LBN 231-03 Dzīvojamā un publisko ēku apkure un ventilācija. Spēkā no 01.01.2004.

Energoefektīvs Projekts

= ? ≠

Energoefektīva Ēka

Andris Vulāns
Maģ.sc.ing

Kurš veic siltumtehniskos aprēķinus?
Kurš veic konstrukciju mitruma procesu analīzi ?
Kāda ir mezglu detalizācijas pakāpe ?
Kurš apzinās iespējamās sekas ?
Kurš maksā par kļūdām ?

piliens pa pilienam sagrauj akmeni

Sabiedriskā ēka, jaunbūve, fasādes platība ~1000 m²

4

Pirmo divu gadu laikā veikts:

- fasādes remonts
- apmetuma slāņa pilnīga demontāža



Defekti izmaksā tūkstošus – savlaicīga analīze tikai 3 % no defektu novēršanas izmaksām

Ražošanas ēka, jumta platība ~1600 m²

5

Pēc 3 gadiem ir jāveic visas jumta konstrukcijas un seguma nomaiņa.

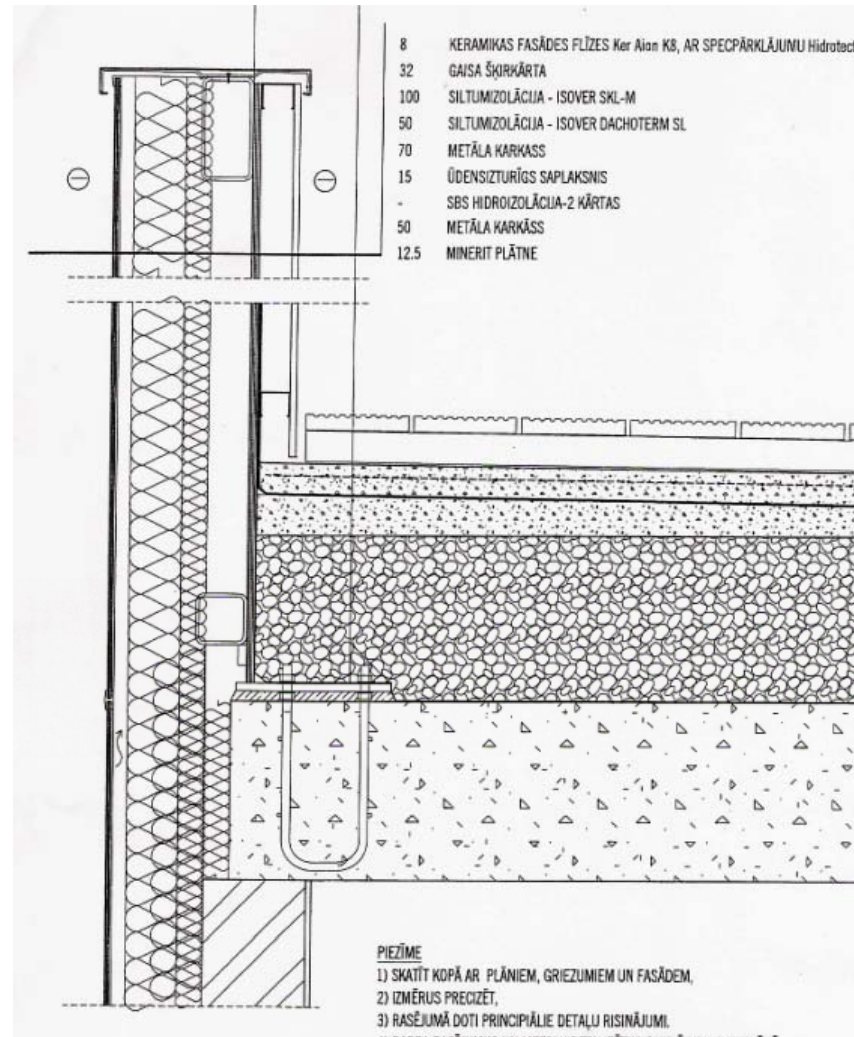


Defekti izmaksā tūkstošus – savlaicīga analīze tikai 3 % no defektu novēršanas izmaksām

Dzīvojamā māja - jaunbūve

6

Termiskais tilts, kas radīs kondensācijas procesu uz iekštelpas virsmas.



Defekti izmaksā tūkstošus – savlaicīga analīze tikai 3 % no defektu novēršanas izmaksām

LBN 002-01

“Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”

Būvnormatīvs nosaka ēku ārējo norobežojošo konstrukciju būvelementu siltumtehniskās projektēšanas kārtību jaunbūvējamām, rekonstruējamām un renovējamām apkurināmām ēkām.

Kurš veic siltumtehnikos aprēķinus?

Aprēķinu metodikas izmantošanas kompetence (1)

8

Silikātkieģeļu mūris 510 mm
Siltumizolācijas slānis 100 mm
Apmetums 10 mm



siltuma caurlaidības koeficients

$$U = 0,256 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

Silikātkieģeļu mūris 510 mm
Siltumizolācijas slānis 120 mm
Apmetums 10 mm



siltuma caurlaidības koeficients

$$U = 0,254 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

= ? ≠



Aprēķinu metodikas izmantošanas kompetence (2)

10

Silikātkieģeļu mūris 510 mm

Siltumizolācijas slānis 100 mm

$$(\lambda_D + \Delta\lambda_w = 0,039 + 0 = 0,039 \text{ W/m K})$$

Apmetums 10 mm



siltuma caurlaidības koeficients

$$U = 0,256 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Silikātkieģeļu mūris 510 mm

Siltumizolācijas slānis 120 mm

$$(\lambda_D + \Delta\lambda_w = 0,039 + 0,002 = 0,041 \text{ W/m K})$$

Apmetums 10 mm



siltuma caurlaidības koeficients

$$U = 0,254 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Korekcija faktiskajiem apstākļiem objektā

11

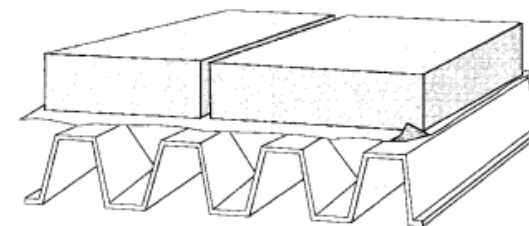
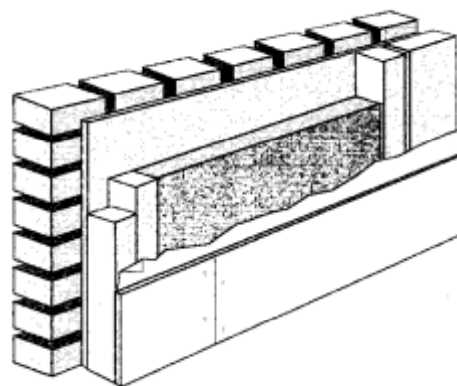
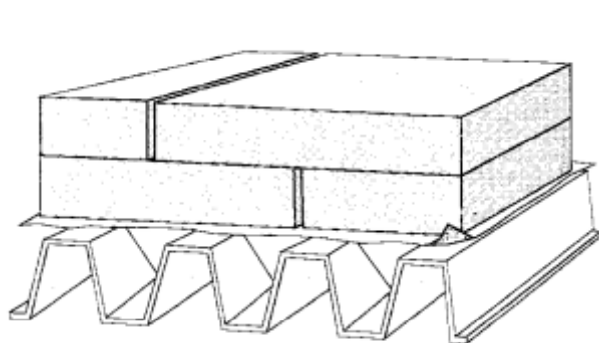
$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

kur

ΔU_g - labojuma koeficients gaisa spraugām, $W/(m^2 K)$

ΔU_f - labojuma koeficients mehāniskiem stiprinājumiem, $W/(m^2 K)$

ΔU_r - labojuma koeficients apvērstiem jumtiem, $W/(m^2 K)$



Aprēķinu metodikas izmantošanas kompetence (3)

12

Silikātkieģeļu mūris 510 mm

Siltumizolācijas slānis 100 mm

Apmetums 10 mm



siltuma caurlaidības koeficients

$$U = 0,256 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

+ 10 %

$$U = 0,283 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

Silikātkieģeļu mūris 510 mm

Siltumizolācijas slānis 120 mm

$$(\lambda_D + \Delta\lambda_w = 0,039 + 0,002 = 0,041 \text{ W}/\text{m K})$$

$$(\Delta U_g = 0,04)$$

$$(\Delta U_g = 0,01)$$

Apmetums 10 mm



siltuma caurlaidības koeficients

$$U = 0,254 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) (\Delta U_g = 0,04)$$

$$U = 0,239 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) (\Delta U_g = 0,01)$$

Aprēķinu metodikas izmantošanas kompetence (4)

13

Finansiālie “ieguvumi” no optimistiskā ārsienas variantā izmantošanas:

- papildus $\sim 0,15$ Ls/m²
- 2500 m² fasādes - 375 Ls/apkures sezonā

Siltuma zudumus ēkā vēl veido:

- jumts,
- grīda,
- logi,
- termiskie tilti,
- nehomogēnas konstrukcijas,
- infiltrācijas zudumi, utt.

SILTUMA CAURLAIDĪBAS PROJEKTĒJAMAIS KOEFICIENTS

1. Sienu sastāvs projektējamais:

“KIVI” bloki $\delta = 0,240\text{m}$, $\lambda = 0,217 \text{ W/ m}\cdot\text{K}$;
 Siltumizolācija- “Paroc” $\delta = 0,300\text{m}$, $\lambda = 0,039 \text{ W/ m}\cdot\text{K}$

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,24}{0,217} + \frac{0,300}{0,039} + \frac{1}{23} = 0,114 + 1,11 + 7,69 + 0,043 = 8,96 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{8,96} = 0,11 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

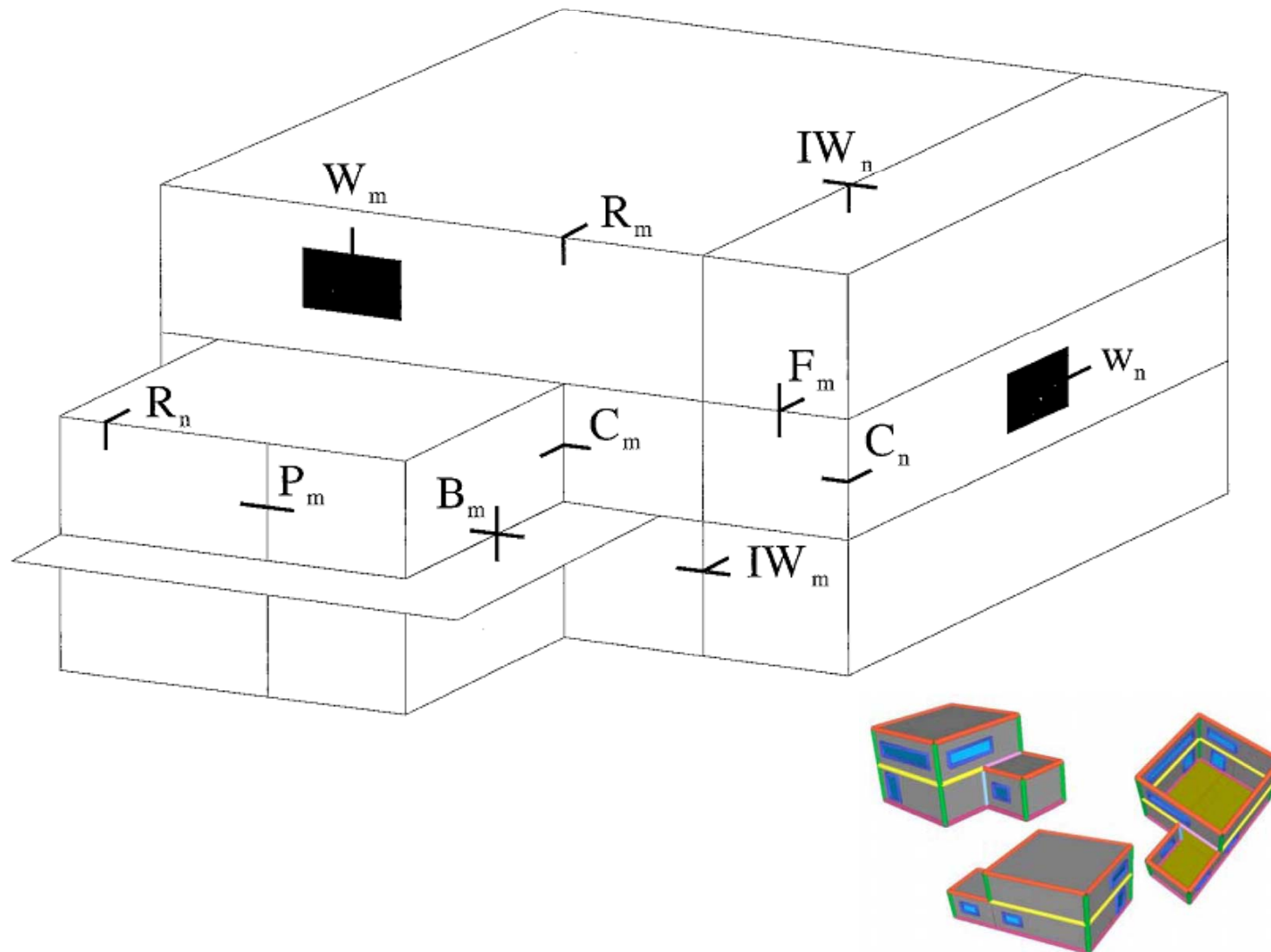
$$U_i < U_{RN}$$

$$0,11 < 0,285 \quad |$$

	Kolumbia-Kivi bloku siltumvadītspējas koeficients, W/(m K)	Aprēķina siltuma caurlaidības koeficients, W/m ² K	Piezīmes
Projekta dati	0,217	0,11	kļūda 21 %
Pareizi būtu	1,19	0,14	

Aukstuma tiltu ietekme uz siltuma zudumu apjomu caur norobežojošajām konstrukcijām

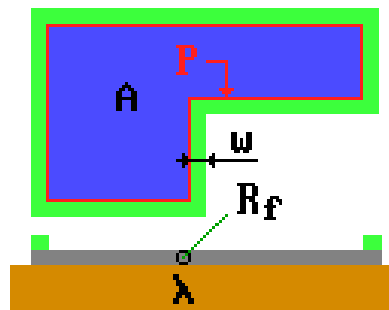
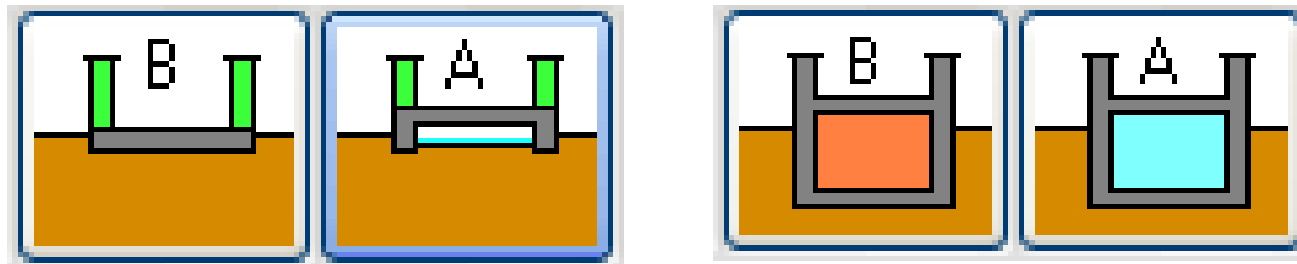
15

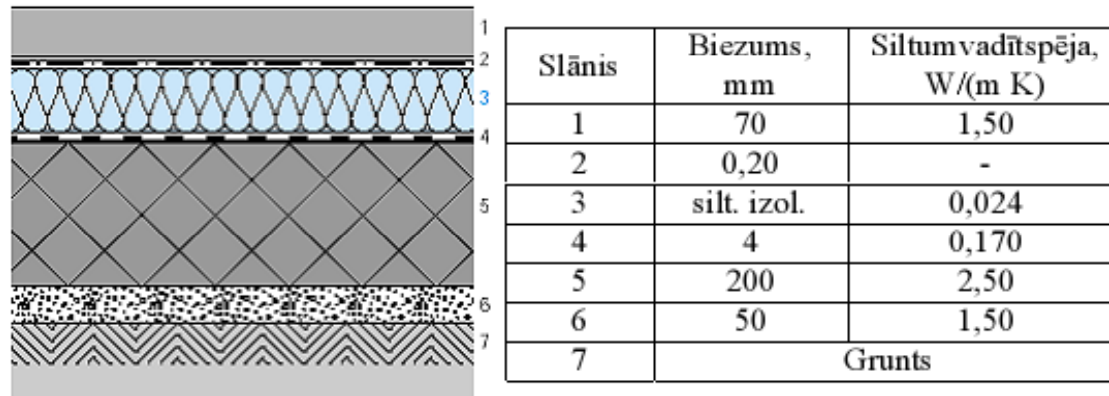


Būvelementu siltuma caurlaidības koeficienta ($\text{W/m}^2 \times \text{K}$) aprēķins

16

Grīdas, kurām nav tiešas saskares ar āra gaisu –
aprēķinu veic saskaņā ar standartu **LVS EN ISO 13370**.





Grīdas laukums 100m^2 , grīdas perimetrs 40 m
 Grīdas iebūves dziļums 2,5 m no zemes virsmas
 Grunts siltumvadītspēja $\lambda = 2,0 \text{ W/(m K)}$

Siltumizolācijas biezums, mm	ISO 6946	ISO 13370
	U, W/(m ² K)	
40	0,496	0,252
50	0,411	0,228
80	0,271	0,178
100	0,221	0,155
120	0,187	0,137

Izmantojot pareizo aprēķina metodiku - iespējams samazināt nepieciešamo siltumizolācijas materiālu daudzumu (projekta izmaksas) nesamazinot definētos konstrukciju siltumtehniskos rādītājus.

Aprēķinu metodikas izmantošanas kompetence (5)

18

Pasūtītājam:

- Korekta informācija par plānotajiem siltuma zudumiem.
- Iespēja novērtēt siltināšanas darbu kvalitātes ietekmi uz siltuma zudumiem no ēkas.
- Aprēķinos neievērtēto siltināšanas darbu radīto defektu kompensācijas iespējas no Izpildītāja.

Būvniecības uzņēmumam:

- Pasūtītāja savlaicīga informēšana par neievērtētajiem riskiem.
- Iespēja jau pirms darbu uzsākšanas nodrošināties pret iespējamajām pretenzijām par “nekvalitatīvi” veiktiem darbiem.
- Iespēja Pasūtītājam apliecināt sevi kā kompetentu būvuzņēmumu.

Būvelementa ūdens tvaika caurlaidības novērtējums

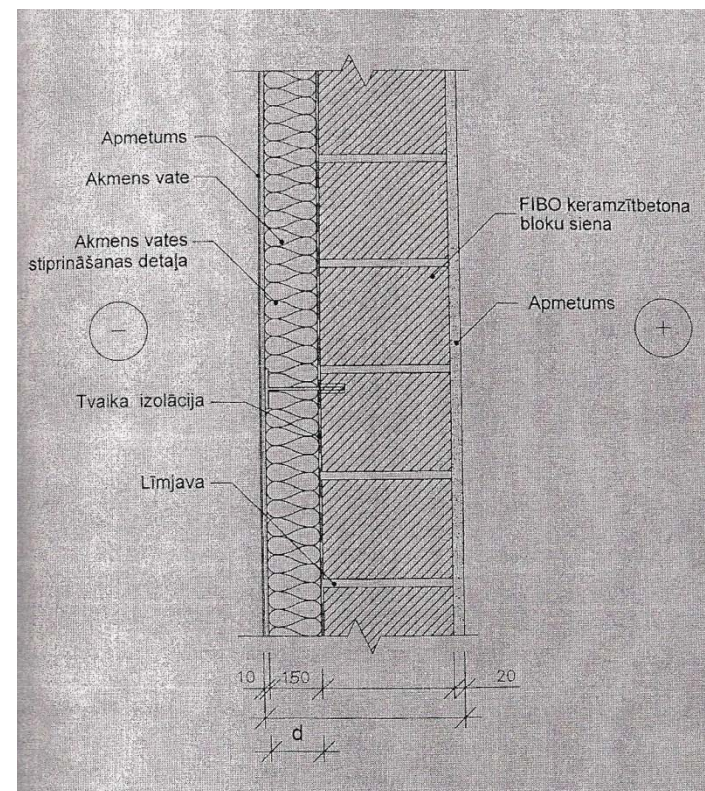
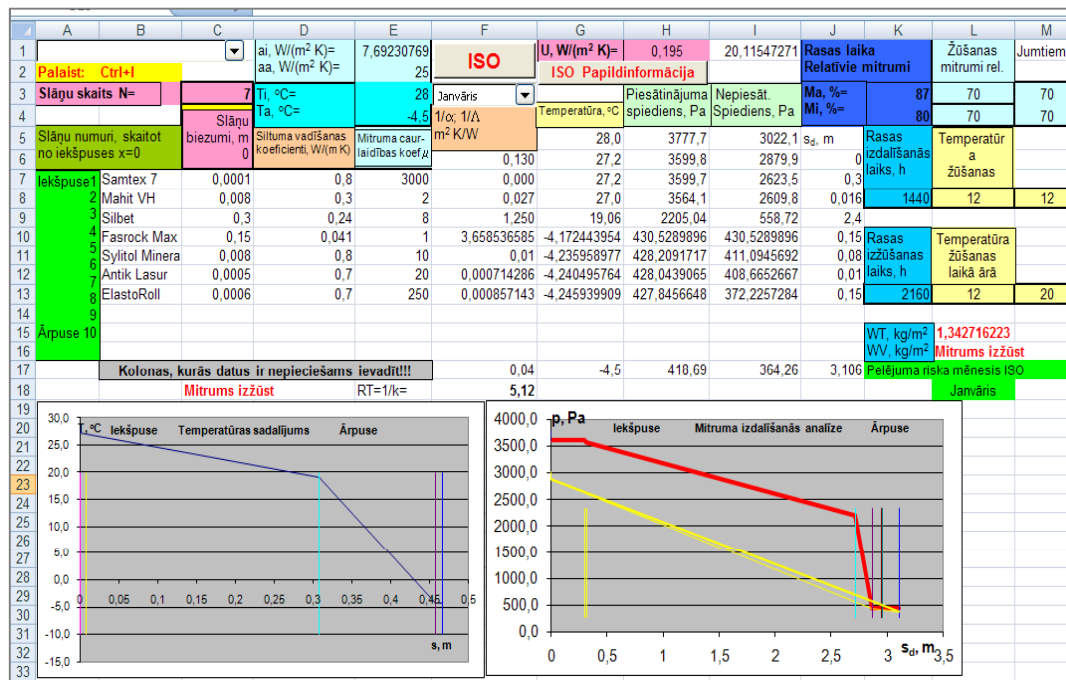
19

- Saskaņā ar **LBN 002-01 25. punkta prasību**, konstrukcija, kas sastāv no dažādiem slāņiem un tā 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 , *tad mitruma režīms nav jāpamato ar aprēķiniem.*
- Ja šī prasība neizpildās, tad saskaņā ar **LBN 002-01 31. punkta prasību** *ar aprēķinu ir jāapliecina, ka kondensāta uzkrāšanās bilance gada laikā nav pozitīva un nekaitē konstrukcijai.*
- **LBN 002-01 27. punkta prasība** nosaka, ka būvnormatīva **25.punktā minētās prasības izpildes tehnisko risinājumu norāda būvprojektā.**

Vajag Tikai Nokrāsot

20

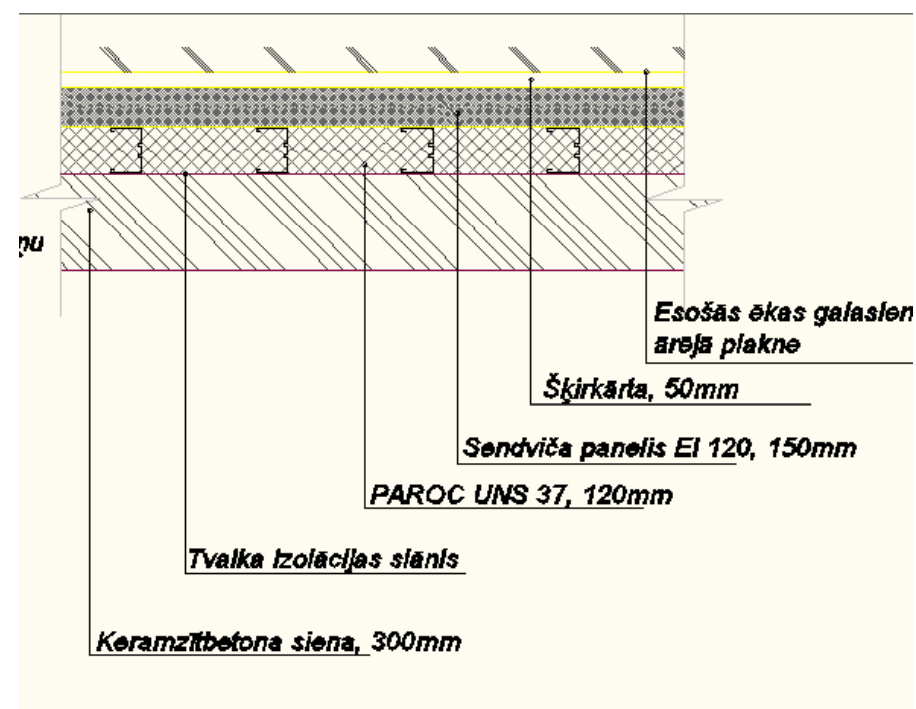
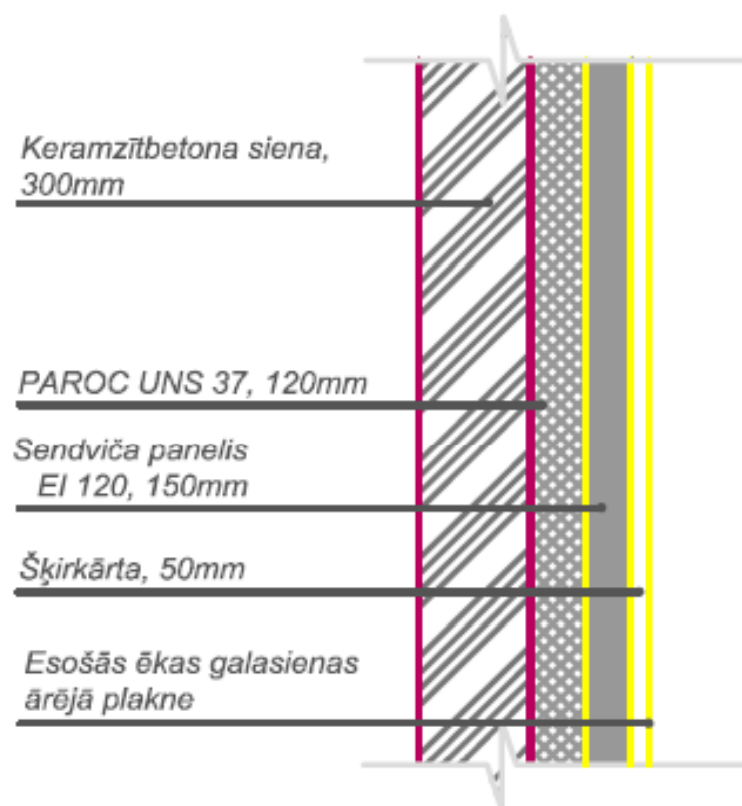
Nr.p.k	Materiāls	Biezums, m
1	Krāsa „Caparol Samtex 7”	0,0001
2	Špaktele „MaxitVH”	0,008
3	Autoklāvētais gāzbetons	0,30
4	Akmens vate „Fasrock max”	0,15
5	Apmetums "Sylitol Minera"	0,008
6	Fasādes krāsa „Sylitol Antik lasur”	0,0005
7	Fasādes krāsa „ElastoRoll”	0,0006



BUVFIZIKA

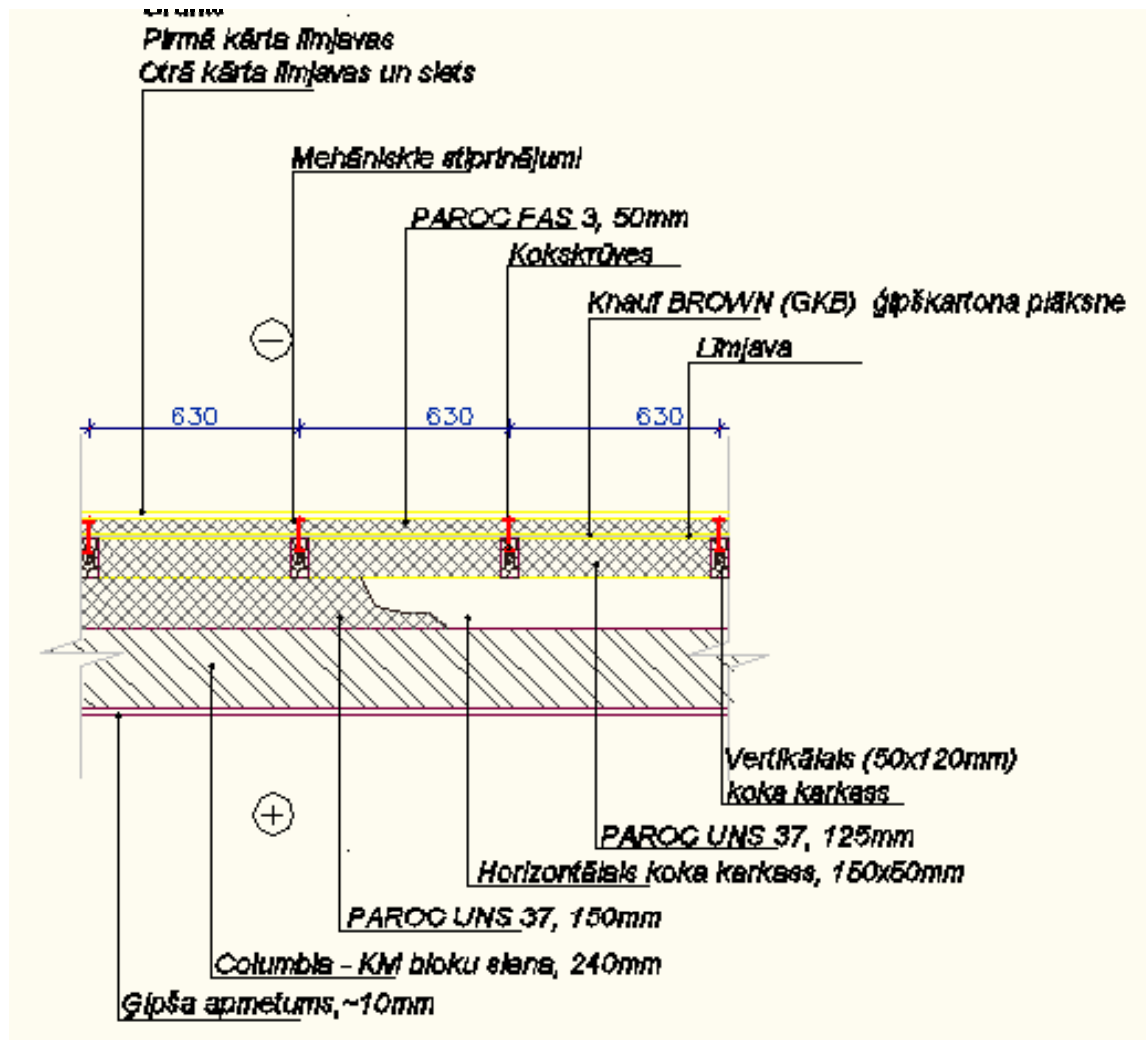
Kāda ir mezglu detalizācijas pakāpe ?

21



PAPĪRS PACIEŠ VISU

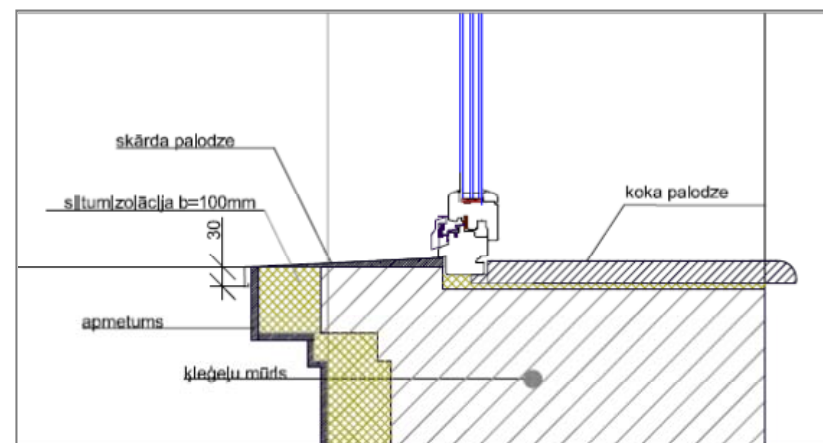
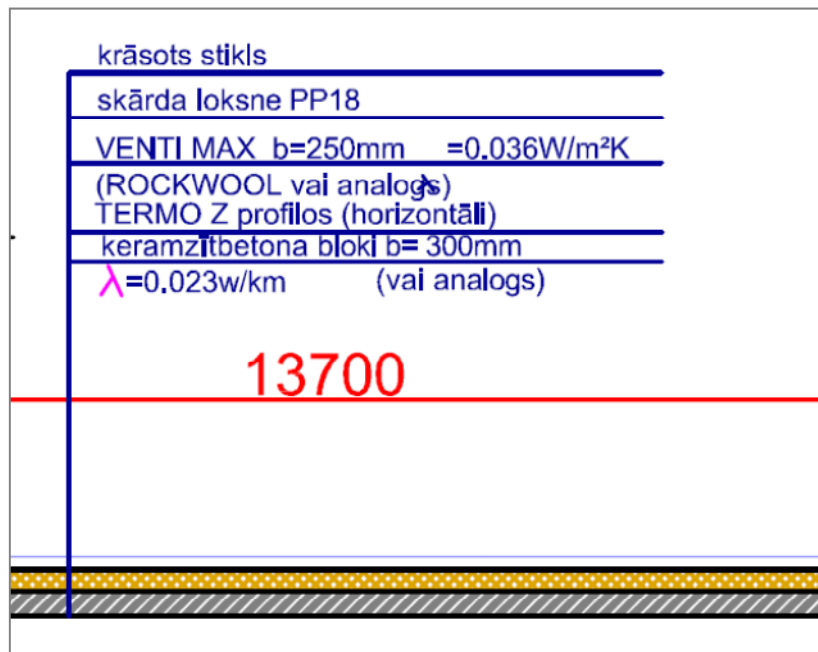
22



Bitumena dakstiņu segums
Mitrumizturīgais finieris 12 mm
Latijas 50x50 mm ar soli 350 mm
Difūzijas plēve
Latijas 25x50 mm ar spāru soli
Spāres 200 x 100 mm ar soli 1000 mm, starp kurām likta akmens vates siltuma izolācija 200 mm
Kokšķiedru plāksne 8 mm
Tvaika izolācija
Metāla profili 60 mm
Ģipškartona plāksnes 12 mm

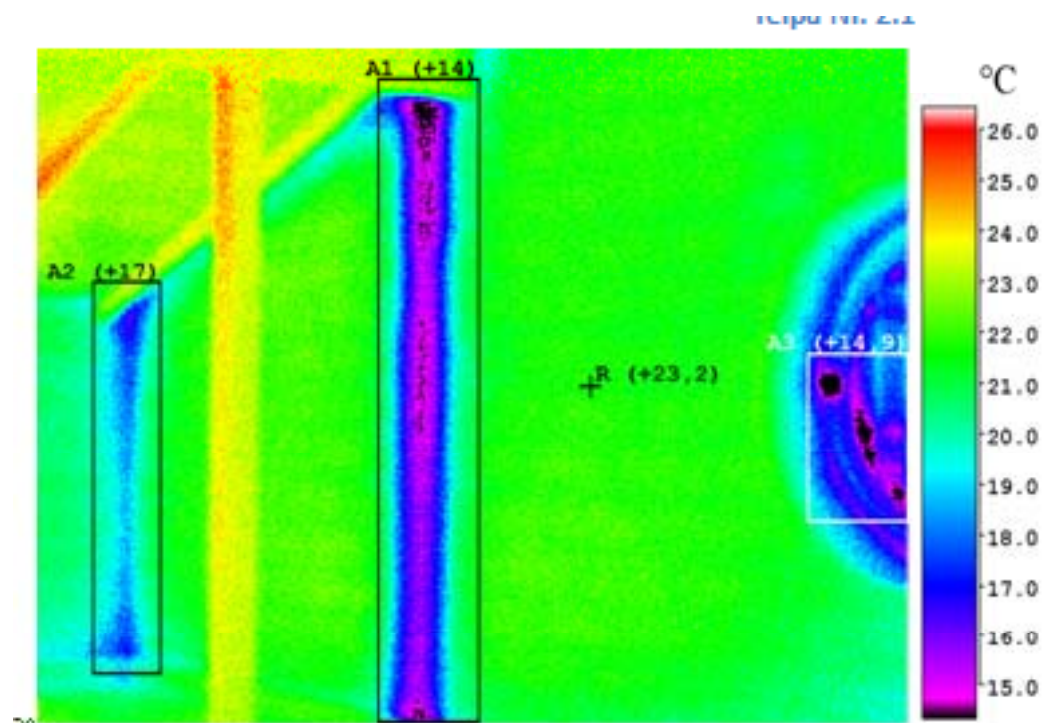
PAPĪRS PACIEŠ VISU

23



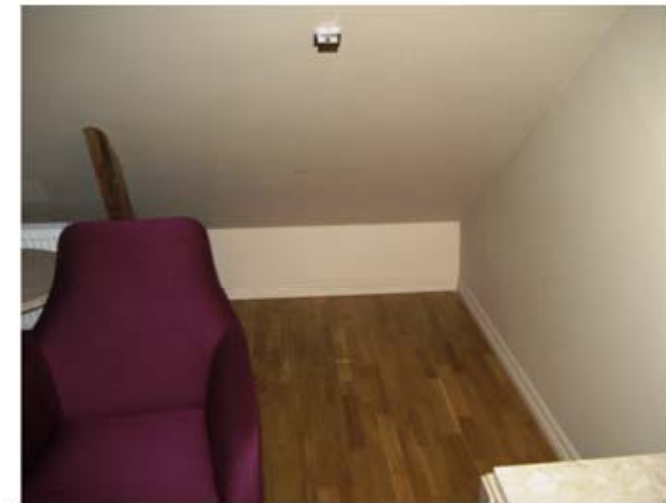
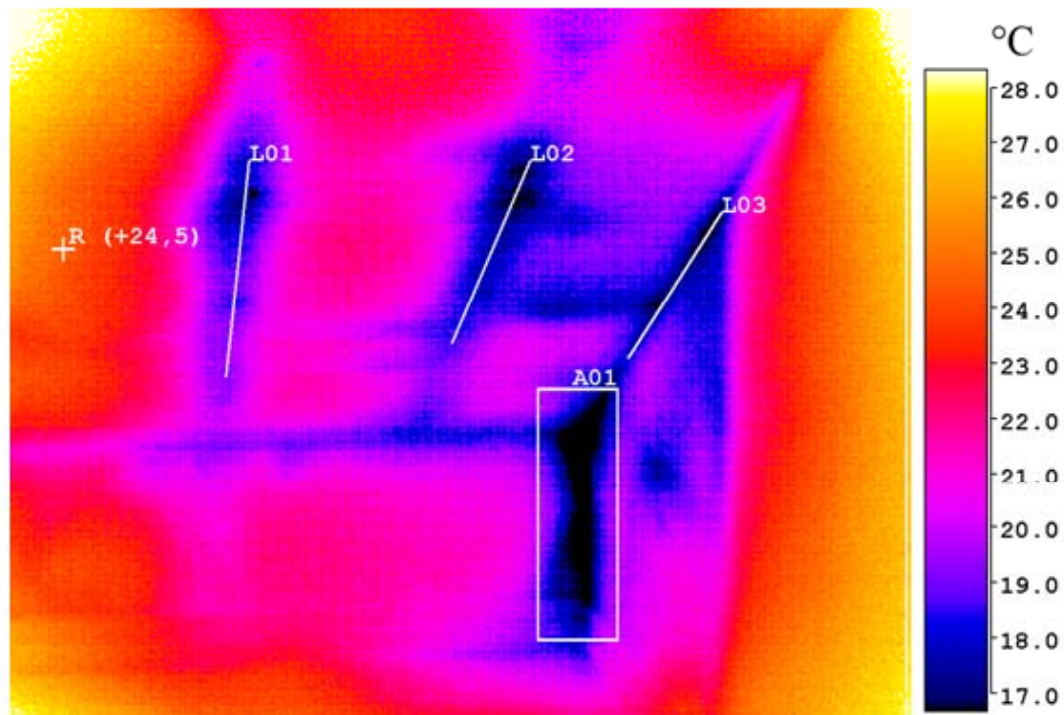
PAPĪRS PACIEŠ VISU, BET NE PRAKSE

24

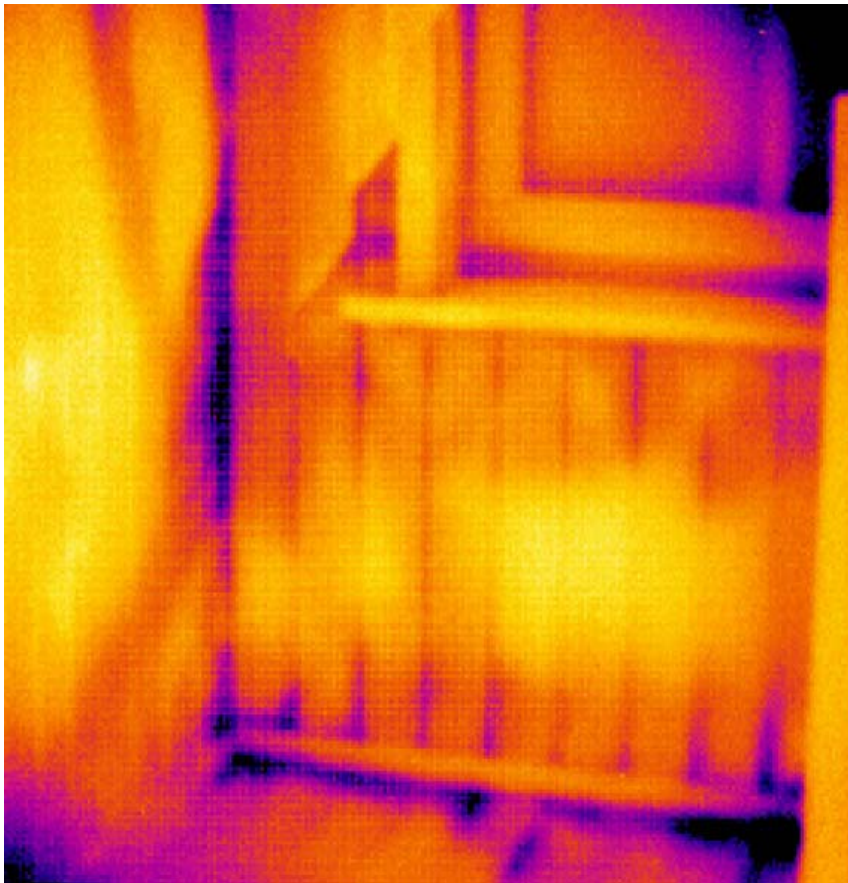


PAPĪRS PACIEŠ VISU, BET NE PRAKSE

25



PAPĪRS PACIEŠ VISU, BET NE PRAKSE



PAPĪRS PACIEŠ VISU, BET NE PRAKSE





PAPĪRS PACIEŠ VISU, BET NE PRAKSE



Kurš maksā par kļūdām ?

30

Pasūtītājs un ?

„Vispārīgos būvnoteikumos” ir noteikts:

- 78. Būvprojekta detalizētajos rasējumos iekļaujama papildu informācija, kas nepieciešama būvobjekta atsevišķu daļu un elementu īstenošanai atbilstoši tehniskā projekta risinājumiem.
- 79. **Detalizētos rasējumus var izstrādāt arī būvuzņēmējs**, ja tas paredzēts līgumā par būvdarbu veikšanu un detalizēto rasējumu apjoms iepriekš saskaņots ar pasūtītāju. Detalizētos rasējumus var izstrādāt būvdarbu gaitā, un tie saskaņojami ar būvprojekta autoru.
- 80. Ja būvuzņēmējs nav pieprasījis detalizēto rasējumu izstrādi vai pats nav tos izstrādājis, būvuzņēmējs ir atbildīgs par iespējamām sekām.**
- 92. **Tehniskā projekta risinājumam jāgarantē būves un tās atsevišķu elementu** stiprība, stingrība, noturība, **energoefektivitāte** un aizsardzība pret sprādzieniem un ugunsdrošība, darba un vides aizsardzība kā būvniecības, tā arī ekspluatācijas laikā.

Ja Siltumtehniskie Aprēķini Ir Tikai Formalitāte

31

**Energoefektīva ēka būs tikai vīzija,
nevis realitāte!**

**Finansiāli zaudējumi no siltumtehniskajiem
defektiem būs nenovēršami!**

Būvfizika

32

- *Zinātne par fizikāliem procesiem, kas notiek ēku un būvju norobežojošajās konstrukcijās un to nodalītajās vidēs.*
- *Būvfizikas galvenās nodaļas ir siltumtehnika, akustika, būvniecības gaismas tehnika un klimataloģija.*
- *Būvfizikā pētī siltuma un mitruma pārejas procesus, būvmateriālu un būvkonstrukciju siltumfizikālās īpašības. Lieto teorētiskās izpētes, aprēķinu un pārbaudes metodes laboratorijas un dabiskos apstākļos.*
- *Būvfizikas metodes izmanto, lai nodrošinātu telpā nepieciešamo temperatūras un mitruma režīmu, akustiku, skaņas izolāciju un gaismtehnisko režīmu.*
- *To panāk projektējot norobežojošās konstrukcijas ar nepieciešamo termisko pretestību, siltumnoturību, pretestību gaisa infiltrācijai, mitrumsaturu un hidroizolāciju.*
- *Zināšanas būvfizikā nepieciešamas projektējot, būvējot, ekspluatējot un rekonstruējot ēkas un būves, visiem būvelementiem, sākot ar pamatu un beidzot ar jumtu.*

ļespējas

Calculation following ISO 6946

Table		The roof space, the air layer and the facing outside the air layer must not be specified in the table		Two crossing stud layers B		Name:		t
		Mean material		If study are present				
		λ	d	R_{si}	R_{se}	λ_{stud}	d_{stud}	d_{dir}
1	sabit	0.87	0.51	0.506	0.13	0.12	1	0
2	zili	0.041	0.1	2.439				0
3								0
4								0
5								0
6								0
7								0
8								0
9								0
10								0
11								0
12								0
13								0
14								0

Feet km from database

Correction fasteners:

$$\Delta U_{f_1} = 0.8 \cdot q_f \cdot m \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2$$

d_{ins} = 0.000

R_T = Total thermal resistance in best section = 0.535

A_f = Area of one fastener in m^2 . Obtained from d_f

λ_f = Thermal conductivity of the fastener

N_f = Number of fasteners per m^2

D_f = Diameter of one fastener in mm

d_{ins} = Thickness of the insulation layer in m

L_f = Length of the fastener that penetrates the insulation layer in m

R_1 = Thermal resistance for an insulation layer with the thickness d_1

Heat flow direction

- ☐ Upwards R_{si} 0.130
- ☒ Downwards R_{se} 0.040
- ☐ Horizontal

$\Sigma R_{fi} = 0.010$

Roof space

- ☐ No roof space
- ☐ Tiled roof, no felt or boards
- ☐ Tiled roof with felt or boards
- ☐ The same as Al cladding
- ☐ Roof lined with boards and felts

R-value roof space = 0.200

Correction air voids:

$$\Delta U_v = \Delta U' \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 = 0.018$$

R_1 = R-value for layers with air voids = 2.439

R_T = Total thermal resistance in best section = 0.535

- ☐ $\Delta U' = -0.01$
- ☒ $\Delta U' = 0.04$

Click in the layer in R_1

Correction inverted roof:

$$\Delta U_i = 0.04 \cdot p \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 = 0.000$$

p = Rate of precipitation

Average, R_1 = R-value for layers above the membrane = 2.439

R_T = Total thermal resistance in best section = 0.535

Click in the layer for layers in R_1

Result:

The sum of corrections $\Delta U_c = 0.018$

Best section $U_{best} = 0.293$

U-value method $U_m = 0.277$

U-value method $U_{eq} = 0.288$

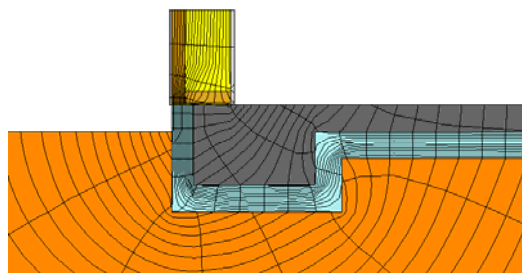
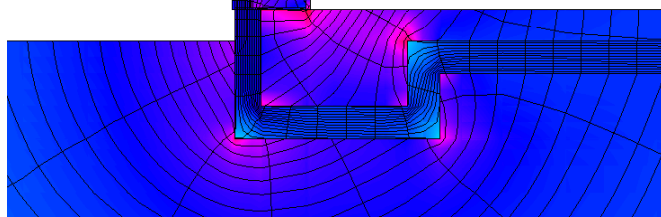
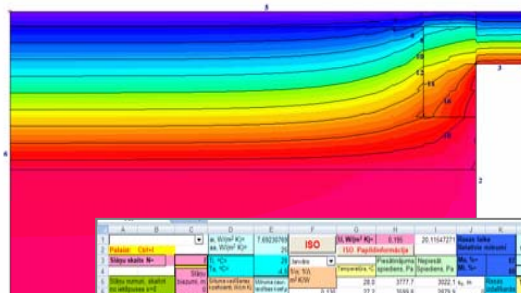
U-value by ISO 6946 $U_o = 0.283$

Database:

From databases:	λ	R	S
Air concrete	0.12	-	-
Brick facings	0.60	-	-
Cellulose	0.040	-	-
Chipseboard	0.10	-	-
Clay or silic	1.50	-	-
Cork	0.045	-	-
Concrete, exud. 2%	0.045	-	-
EIS	0.037	-	-

Ctrl+V gives 0.123 Erase line

✓ ✗ ⬅ ➡ 🔍 🔄 📄 🖨️



Ēku Energopatēriņa Analīze

34

Passive House Verification



Building: **Privātmāja**
 Location and Climate: **Rundāles novads** R1 ga
 Street: **'Lielupē', Rundāles pagasts**
 Postcode/City: **Rundāles novads**
 Country: **Latvija**
 Building Type: **Dzīvojamā ēka**
 Home Owner(s) / Client(s): **Sarmis Macpans**
 Street:
 Postcode/City:
 Architect: **SIA 'Arhitekta G.Viksnas birojs'**
 Street:
 Postcode/City:
 Mechanical System:
 Street:
 Postcode/City:
 Year of Construction: **2012**
 Number of Dwelling Units:
 Enclosed Volume V_e : **500,9** m³
 Number of Occupants: **4,0**
 Interior Temperature: **21,0** °C
 Internal Heat Gains: **2,1** W/m²

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area			
Treated Floor Area:	174,5 m ²		
Applied:	Monthly Method	PH Certificate	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	58 kWh/(m ² ·a)	15 kWh/(m ² ·a)	No
Pressurization Test Result:	1,0 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	No
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	kWh/(m ² ·a)	120 kWh/(m ² ·a)	
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	kWh/(m ² ·a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:	kWh/(m ² ·a)		
Heating Load:	27 W/m ²		
Frequency of Overheating:	28 %	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:	kWh/(m ² ·a)	15 kWh/(m ² ·a)	
Cooling Load:	9 W/m ²		

We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The calculations with PHPP are attached to this application.

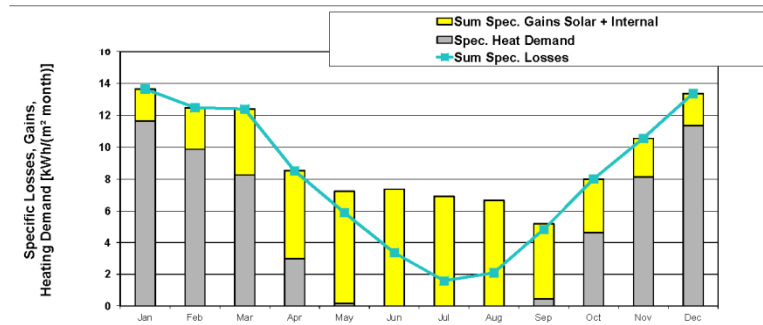
Issued on:

Signed:

PASSIVE HOUSE PLANNING SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

Climate: **Rīga**
 Building: **Privātmāja**
 Location: **Rundāles novads**
 Interior Temperature: **21** °C
 Building Type/Use: **Dzīvojamā ēka**
 Treated Floor Area $A_{treated}$: **174** m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Heating Degree Hours - E	17,3	15,7	15,3	10,1	6,6	3,7	1,4	2,3	6,0	10,3	13,6	17,2	119
Heating Degree Hours - G	6,7	8,4	9,2	8,1	7,0	4,4	3,3	2,6	3,6	4,5	5,7	7,4	73
Losses - Exterior	2107	1911	1871	1230	808	448	173	282	729	1253	1681	2098	14571
Losses - Ground	275	267	292	256	221	139	104	83	113	144	181	235	2310
Sum Spec. Losses	13,7	12,5	12,4	8,5	5,9	3,4	1,6	2,1	4,6	8,0	10,6	13,4	96,8
Solar Gains - North	18	40	79	132	198	238	212	163	97	53	26	13	1270
Solar Gains - East	17	46	110	193	274	291	268	245	141	78	35	17	1716
Solar Gains - South	16	46	82	103	109	104	102	121	95	67	43	23	912
Solar Gains - West	25	76	177	279	380	388	355	383	232	118	55	25	2474
Solar Gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar Gains - Opaque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Internal Heat Gains	273	246	273	264	273	264	273	273	264	273	264	273	3210
Sum Spec. Gains Solar + Internal	2,0	2,9	4,1	5,6	7,1	7,4	6,9	6,7	4,6	3,4	2,4	2,0	54,9
Utilisation Factor	100%	100%	100%	81%	46%	23%	31%	92%	100%	100%	100%	71%	
Annual Heat Demand	2033	1724	1442	520	30	0	0	80	808	1419	1981	10037	
Spec. Heat Demand	11,7	9,9	8,3	3,0	0,2	0,0	0,0	0,5	4,6	8,1	11,4	57,5	

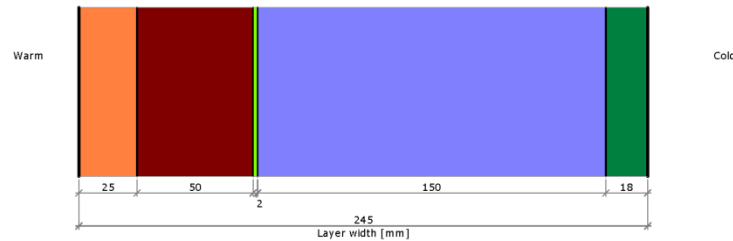


BUVFIZIKA

Mitruma Procesu Analīze Konstrukcijās

35

Drawing



Structure and Material Properties

	Material	d [mm]	λ [W/mK]	μ [m²h/W]	w_{80} [m³/m³]	w_{sat} [m³/m³]	A_w [kg/m²h¹/²]
1	Gypsum Board	25	0.200	10.0	0.007	0.650	16.62
2	Mineral Wool	50	0.040	1.0	0.003	0.920	0.000
3	Linoleum	2	0.170	4000	0.000	0.000	0.000
4	Minerally insulation board	150	0.043	4.0	0.004	0.956	25.02
5	OSB	18	0.130	170	0.052	0.520	0.120

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

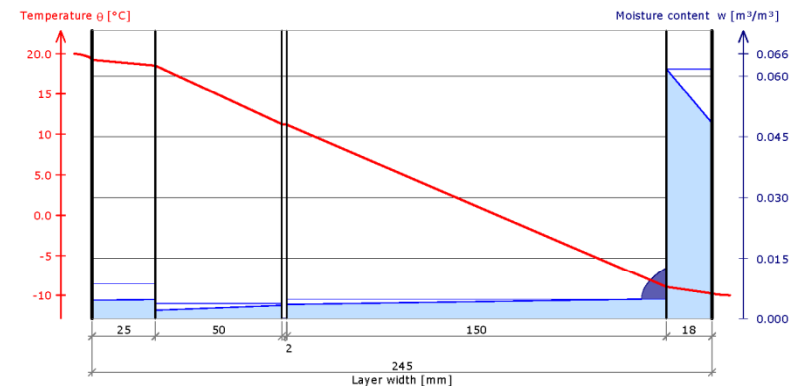
Summer Climate			
Climate at the warm side		Climate at the cold side	
Temperature	12.0 °C	Temperature	12.0 °C
Relative humidity	70.0 %	Relative humidity	70.0 %

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

Temperature and Moisture Profile



Condensate (overhygroscopic moisture) is displayed in dark colour!

Results according to DIN 4108 (Glaser-scheme)

Condensation period (winter)

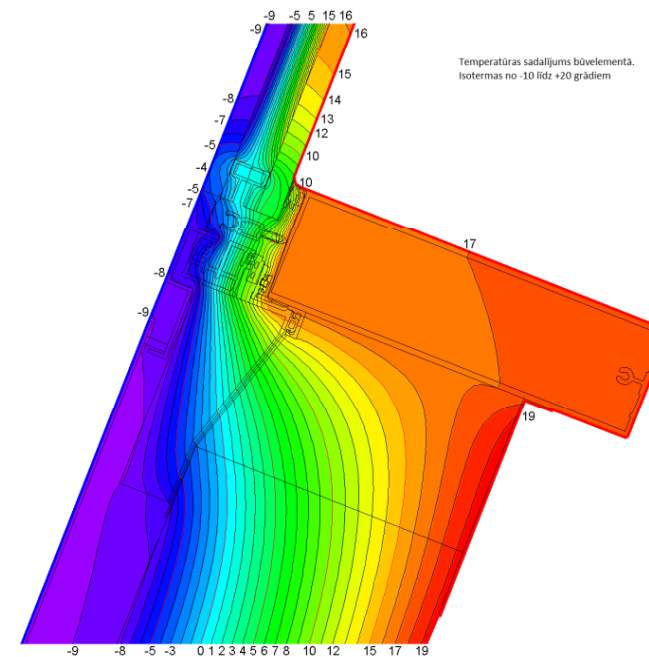
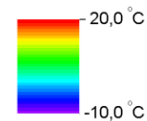
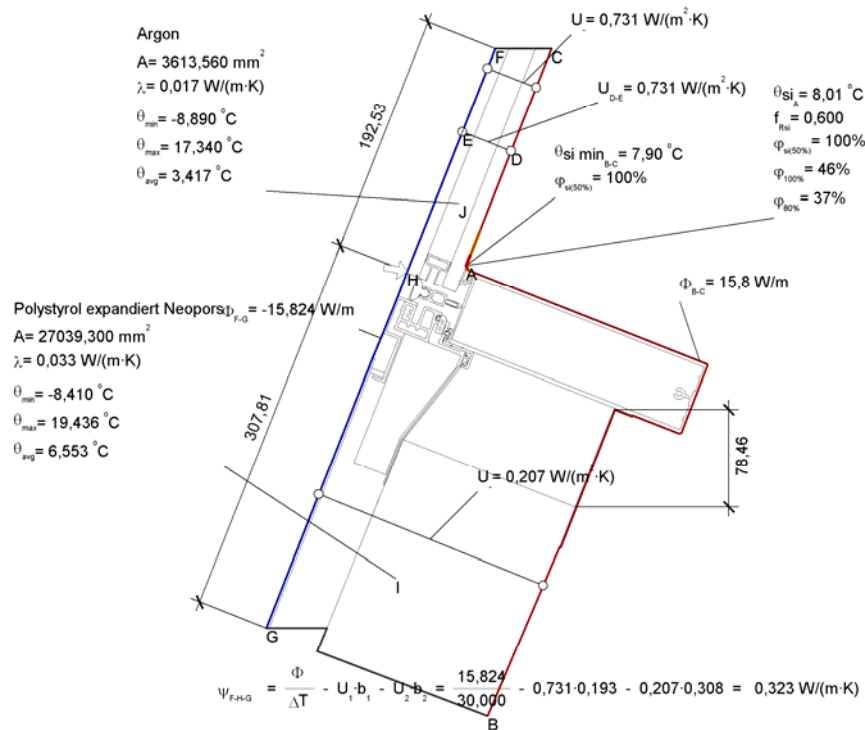
Period	60 days	Condensation mass (according to Glaser) w_i	= 0.071 kg/m²
Interior climate (left)	20°C / 50%		
Outdoor climate (right)	-10°C / 80%		

Duration of drying (summer)

Period	90 days	Potential drying mass w_v	= 0.266 kg/m²
Interior climate (left)	12°C / 70%	Duration of drying (according to Glaser) $t_{c,v}$	= 24.09 days
Outdoor climate (right)	12°C / 70%		
Condensation zone	12°C / 100%		

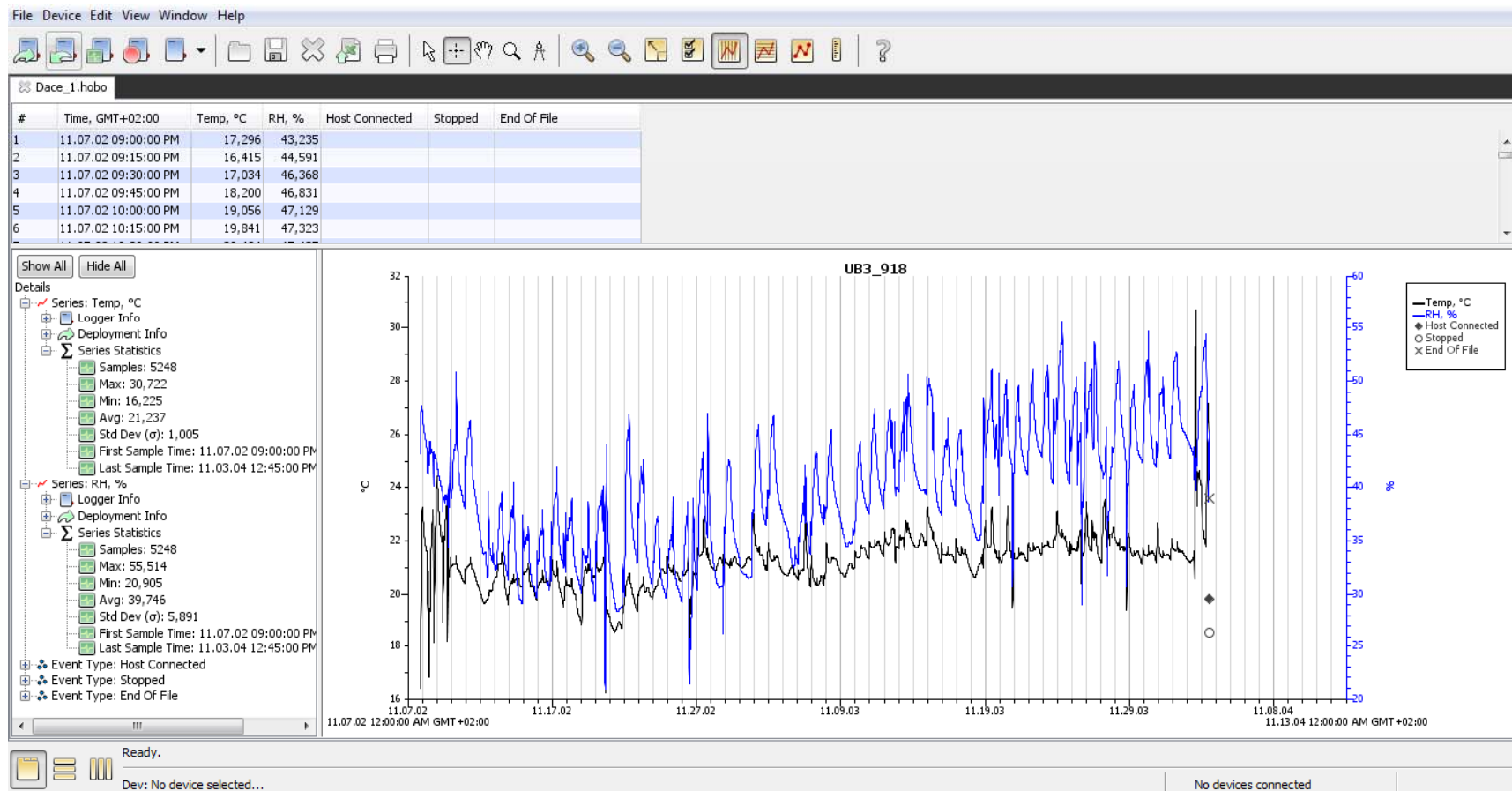
Termisko Tiltu Analīze

36



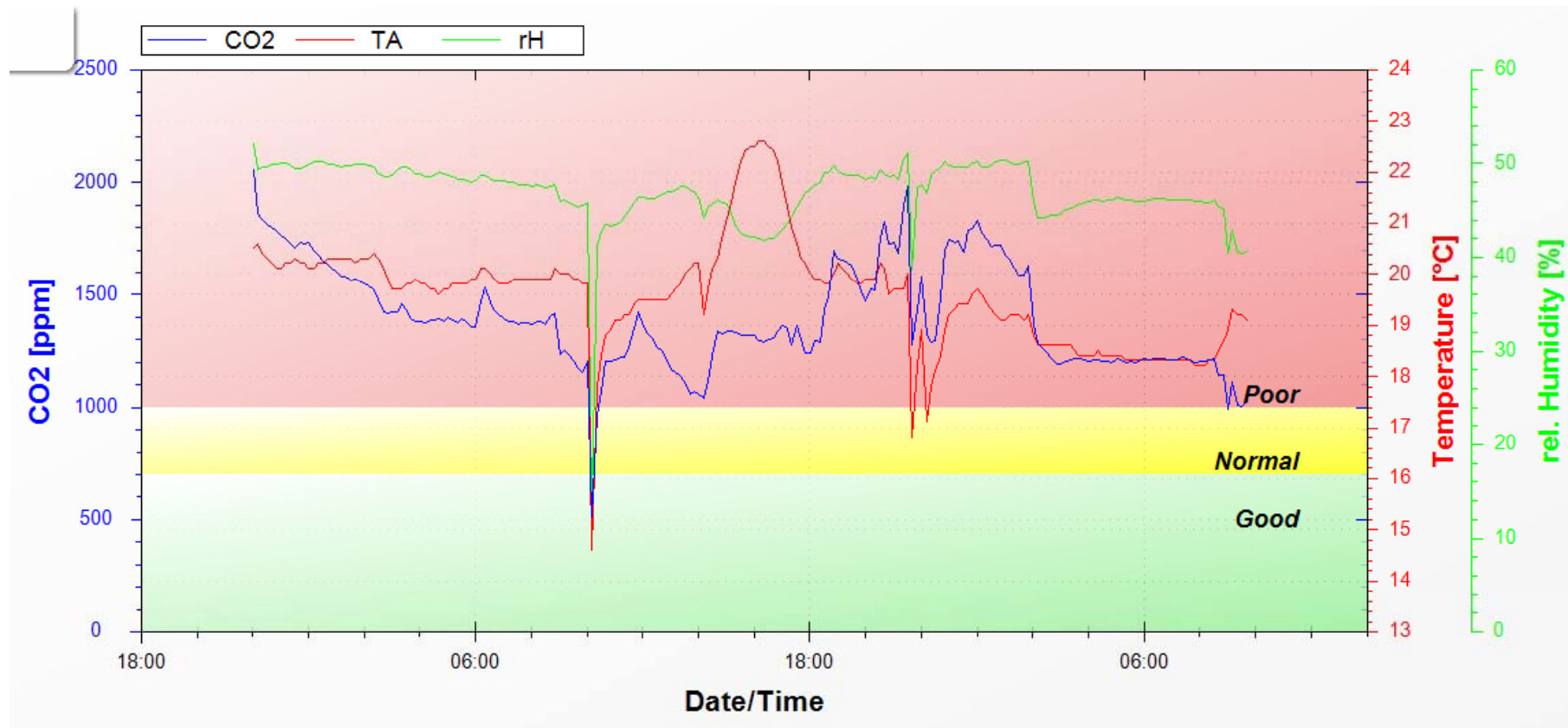
Mikroklimate Datu Monitorings

37



Mikroklimate Datu Monitorings

38



Blower Door Testi



Mūsu Klienti

BUVFIKKA

40



Passive House Latvija



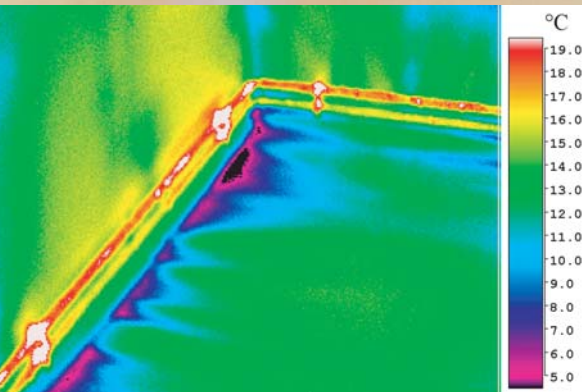
Andris Vulāns

Maģ.sc.ing

epasts: andris@buvfizika.lv mob: 26564927

www.buvfizika.lv

Siltumtehniskie aprēķini ▪ Konsultācijas ▪ Ekspertīzes



JAUNAS IESPĒJAS ĒKAS ENERGOEFEKTIVITĀTES KVALITĀTES NOTEIKŠANAI

Mūsu uzņēmums ir vienīgais inženierkonsultāciju uzņēmums Latvijā, kura pamatdarbības virziens ir būvfizikas procesu analīze. Piedāvājam pakalpojumus, kas piemēroti komercuzņēmumiem, privātpersonām, ražošanas uzņēmumiem un pašvaldībām.

Mūsu piedāvājuma klāstā ietilpst:

- Būvelementu siltumtehniskie aprēķini
- Būvelementu mitruma režīmu analīze
- Konsultācijas pasīvo un zemas enerģijas ēku projektu izstrādē
- Ēkas energoefektivitāti paaugstinošo projektu kvalitātes novērtējums
- Aukstuma tiltu analīze
- Telpas gaisa kvalitātes parametru noteikšana (temperatūra, mitrums, CO₂)
- Termogrāfiskie mērījumi
- Apmācības un izglītojošo semināru veikšana par siltumtehniku
- Informatīvu publikāciju sagatavošana

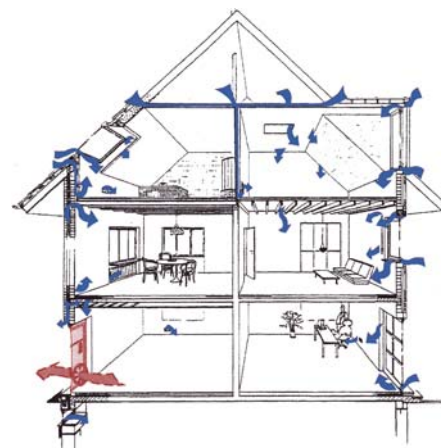
Piedāvājam integrētu pakalpojumu klāstu, kas balstās uz augstu teorētisko un praktisko zināšanu līmeni, izmantojot mūsdienīgus procesu analīzes rīkus. Nodrošinām kompleksu risinājumu izstrādi atbilstoši katra klienta problēmsituācijai.

Paplašinot savu darbību energoefektivitātes jomā ar 2011. gadu saviem klientiem piedāvājam jaunu pakalpojumu – ēkas gaisa caurlaidības pārbaudi, izmantojot Blower Door tehnoloģiju.

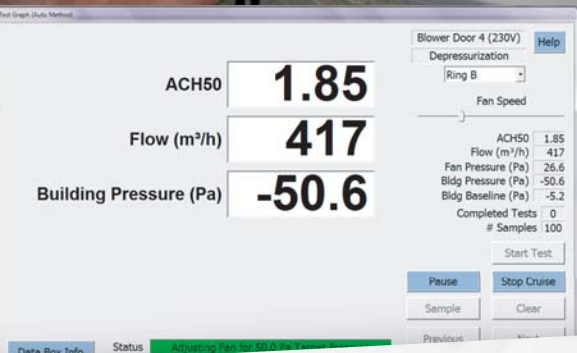
Blower Door tehnoloģija ir visā pasaulē atzīta un plaši pielietota ēku blīvuma pārbaudes metodika, kas ļauj izmērīt ēkas gaisscaurlaidību un identificēt konkrētas defektu vietas konstrukcijās. Ēkas blīvuma noteikšana ir ērts rīks, lai novērtētu ēkas energoefektivitāti, kā arī tās atbilstību būvstandartu prasībām.

Blower Door iekārta sastāv no kalibrēta ventilatora gaisa plūsmas mērījumiem un speciālām mērierīcēm spiediena starpības noteikšanai starp divām mērāmām vidēm.

Pārbaudes metodika balstās uz principu, ka ēkā tiek radīts spiediena kritums 50 paskāli, kas ir adekvāts 9 m/s stipra vēja iedarbībai uz ēkas visām ārējām konstrukcijām, tādējādi nosakot caur dažādiem neblīvumiem konstrukcijās ieplūstošā āra gaisa daudzumu. Nosakot ieplūstošā gaisa daudzumu, var uzzināt, cik kvalitatīvi ir izveidotas ēkas norobežojošās konstrukcijas un novērtēt defektu radītos siltuma zudumus.



**SILTUMS
MITRUMS
GAISS
AKUSTIKA**



Liela nekontrolēta gaisa plūsma rada papildu siltuma zudumus ēkā, caurvēju, mitruma bojājumus konstrukcijās un telpu pārkaršanu vasarā.

Ēkas gaiscaurlaidības pārbaude, izmantojot Blower Door tehnoloģiju, ir efektīvs risinājums, lai

- identificētu gaisa plūsmas siltuma zudumu vietas esošā ēkā
- pārliecinātos par ēkas būv kvalitāti pirms tās iegādes
- novērtētu ēkas atbilstību LBN 002 – 01 prasībām
- kontrolētu veikto būvdarbu kvalitāti ēkas būvprocesā

Mērījumi tiek veikti atbilstoši standarta EN 13829 metodikai un darbu izpildes kompetenci apliecina BlowerDoor GmbH (Vācija) izdots sertifikāts. Defektu vietu identificēšanai papildu izmanto termogrāfiju un veic gaisa plūsmas mērījumus.

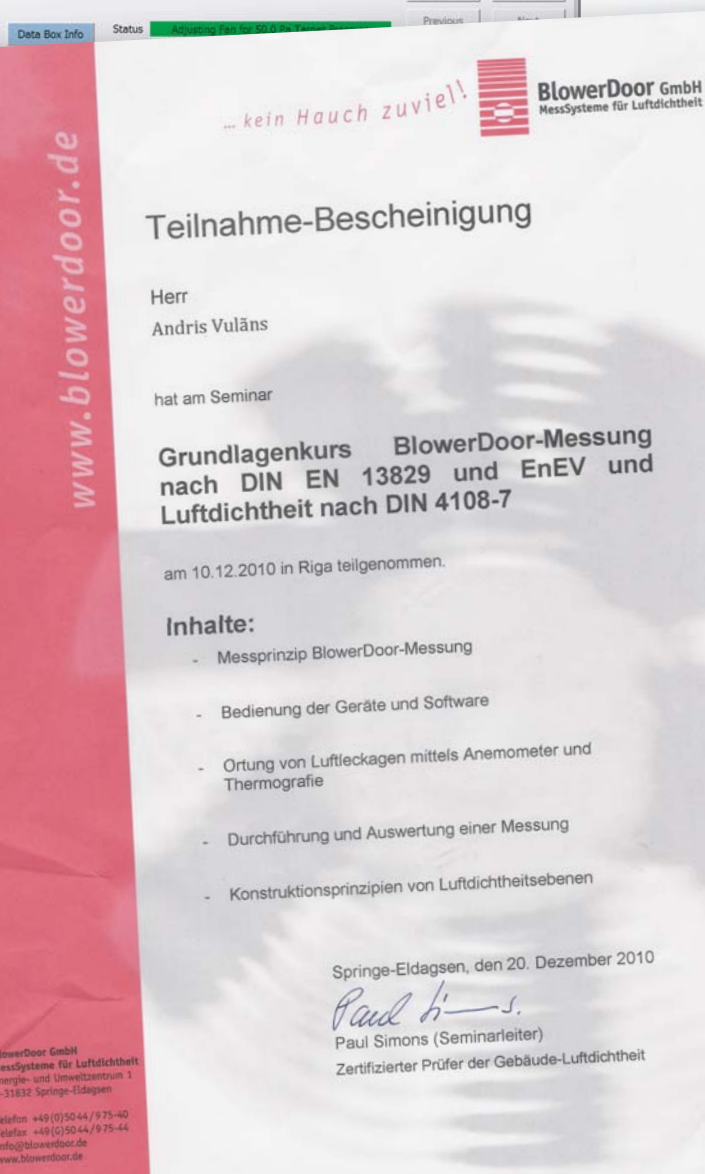
Ēkas gaiscaurlaidības pārbaudi var veikt visu gadu, arī vasarā.

Blower Door mērījumu rezultātus izsaka:

- gaisa apmaiņas kārtās attiecinātu uz ēkas tilpumu $n_{50} = 1/h$
- gaisa caurlaidības intensitātē attiecinātu uz grīdas platību $w_{50} = m^3/m^2h$
- gaisa caurlaidības intensitātē attiecinātu uz norobežojošo konstrukciju platību $q_{50} = m^3/m^2h$

Pēc LBN 002-01 maksimālā pieļaujamā gaiscaurlaidība dzīvojamām mājām $q_{50} < 3 m^3/m^2 h$.

Pasīvās mājas standartiem atbilstošas mājas gaisa apmaiņas kārtai jābūt mazākai par $n_{50} < 0,6 h^{-1}$



Mūsu klienti:



Kontaktinformācija:

tāl.: 26564927 | 66660242 e-pasts: andris@buvfizika.lv