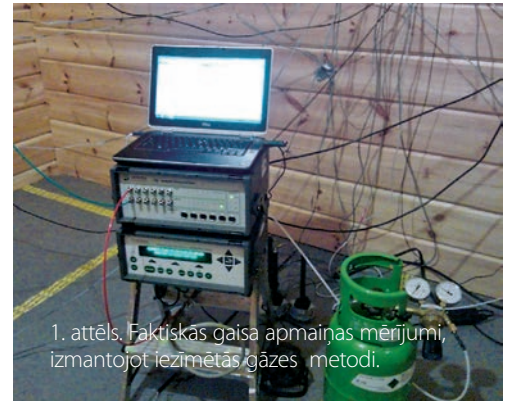


Piecas testa ēkas atrodas Rīgas Botāniskā dārzā teritorijā.



1. attēls. Faktiskās gaisa apmaiņas mērījumi, izmantojot lezīmētās gāzes metodi.

ANDRIS JAKOVIČS, DR. FIZ.,
ILZE DIMDIŅA, MG. SC. ING.,
STANISLAVS GENDELIS, DR. FIZ.

Ārējo konstrukciju materiālu ietekme uz ēkas energoefektivitāti ekspluatācijas sākuma posmā

Pētījuma «Būvkonstruktīvo risinājumu energoefektivitāte un ilgtspēja Latvijas klimatā» laikā 2013. gada martā sākts energoefektivitātes un mikroklimata parametru monitorings piecās no dažādiem būvmateriāliem izveidotās eksperimentālajās būvēs – testēšanas stendos, kas izvietoti LU Botāniskajā dārzā. Lai analizētu šo stendu energoresursu patēriņu un mikroklimata parametru atšķirības un to cēloņus, būtiski ar mērījumiem pārbaudīt konstrukciju faktisko parametru atbilstību sākotnēji projektētajām un uzstādītajām parametru vērtībām. Jau sākotnējie 2012./2013. gada apkures sezonas noslēguma mērījumu rezultāti (no 08.03.2013. līdz 08.05.2013.) uzrāda nozīmīgas energoresursu patēriņa atšķirības dažādu konstrukciju ēkās (līdz pat 30%) un iekštelpu gaisa relatīvo mitruma rādījumus diapazonā no 35 līdz 70%, ja telpu temperatūra ir vienāda. Arī vasaras mēnešos, turpinot mērījumus (no 01.07.2013. līdz 01.09.2013.) dabiskos apstākļos, nodrošinot tikai uzdotu ventilācijas gaisa apmaiņu ($n=0,5 \text{ h}^{-1}$) bez dzesēšanas, iegūtas iekš-

telpu gaisa temperatūras atšķirības dažādas masivitātes būvkonstrukciju stendos pat līdz $5 \text{ }^\circ\text{C}$ saulainākajās dienās.

Visi eksperimentālie stendi izmēros ir vienādi (iekštelpu platība 9 m^2 , griestu augstums 3 m) un identiski orientēti, tie projektēti ar vienādiem siltumtehnikai parametriem, bet izmantojot atšķirīgus ārējo pamatkonstrukcijas materiālus, kas papildus siltināti ar elastīgo akmensvati. Pamatkonstrukciju veidi: keramiskie bloki (CER), gāzbetona bloki (AER), vieglā karkasa ēka no saplākšņa paneļiem ar akmensvates pildījumu un fibrolītu iekšpusē (PLY), frēzbalķi (LOG) un eksperimentālie keramiskie bloki ar polistirola siltumizolācijas granulu pildījumu dobumos (EXP) [1, 2, 3]. Pārsegumu konstrukcijas ir karkasa tipa: grīdas pildītas ar elastīgo akmensvati, griesti – ar koka skaidu vati. Detalizētu informāciju par stendu konstrukciju, būvniecības gaitu un līdzšinējiem pētījumu rezultātiem var atrast arī www.eem.lv.

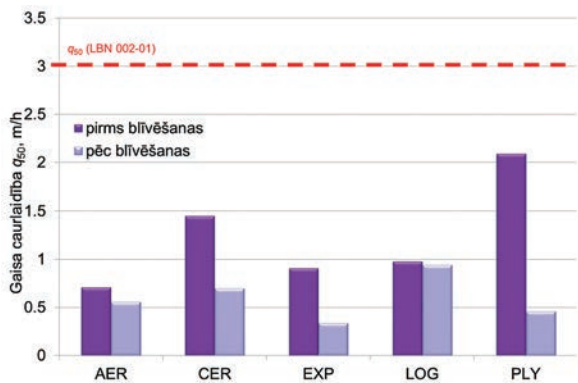
Projektētie stendu būvkonstrukciju raksturlielumi izvēlēti šādi:

- ▶ ārējo un pārsegumu konstrukciju U vērtība $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (saskaņā ar standartu LVS EN ISO 6946);
- ▶ logiem ar trīs stiklu paketi un durvīm U vērtības attiecīgi $0,7$ un $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- ▶ gaisa apmaiņa ar intensitāti vidēji $0,5 \text{ l/h}$.

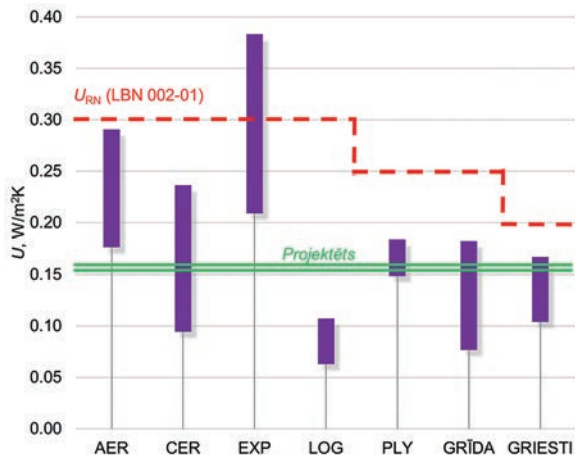
Visos stendos nodrošināta identiska mikroklimata uzturēšana, izmantojot sildīšanai un dzesēšanai siltumsūkni (gaiss-gaiss) ar integrētu svaigā gaisa padevi telpas ventilācijai.

Pēc stendu izbūves pabeigšanas 2013. gada janvārī, lai pārbaudītu inženiertehnisko risinājumu efektivitāti un būvdarbu kvalitāti, kā arī ekspluatācijas procesu ietekmi uz faktiski sasniegtajiem būvju inženiertehniskajiem parametriem, tika veikta vispusīga testēšana:

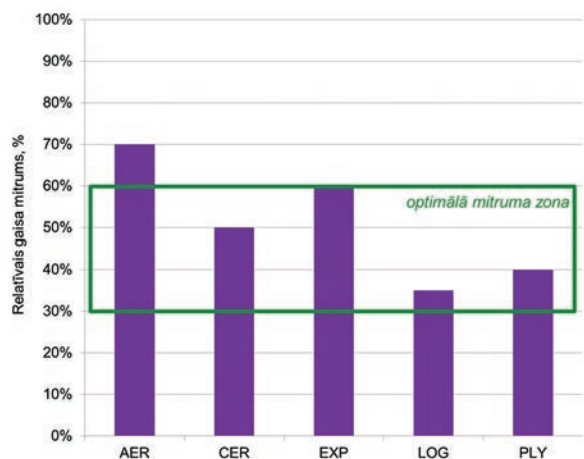
- ▶ blīvējuma pārbaude ar 50 Pa pārspiediena/zemspiediena metodi (LVS EN 13829:2002);
- ▶ termogrāfija (LVS EN 13187:2002);
- ▶ būvkonstrukciju siltuma caurlaidības U mērījumi (LVS EN ISO 8990:2007);
- ▶ faktiskās gaisa apmaiņas mērījumi, izmantojot iezīmētās gāzes (angļu val. –



2. attēls. Blīvuma testa rezultāti pirms un pēc iekštelpas apdares pabeigšanas.



4. attēls. Raksturīgais iekštelpu gaisa relatīvais mitrums stendos pirmajos divos mēnešos (martā un aprīlī) pēc apkures sākšanas.



3. attēls. Dažādo konstrukciju U vērtību mērījumu rezultāti. Vērtību izkliedi nosaka drīz pēc izbūves vairāku mēnešu periodā veiktie mērījumi dažādās konstrukciju vietās.

tracer gas) metodi (LV EN ISO 12569:2013) (sk. 1. att.).

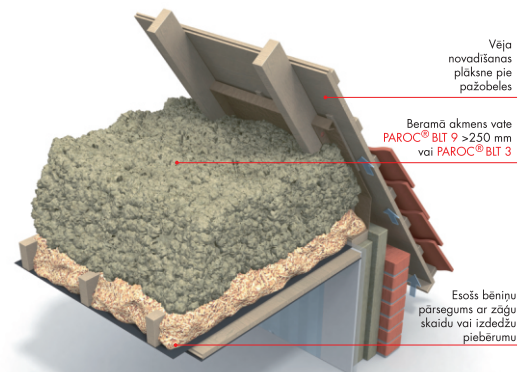
Blīvējuma pārbaudes rezultāti pirms un attiecīgi pēc iekšējās apdares un blīvējuma pabeigšanas uzskatāmi parāda atšķirīgo ārējo konstrukciju ietekmi uz būves gaisa caurlaidību (sk. 2. att.). Ar sarkanu līniju iezīmētas šobrīd spēkā esošās normatīvās prasības maksimālai pieļaujamai gaisa caurlaidībai, ja spiediena starpība ir 50 Pa, dzīvojamām mājām – 3 m³/(m²h) (saskaņā ar LBN 002-01 «Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika»). Pēc uzbūves masīvāku materiālu konstrukcijas (AER, CER, EXP, LOG) sākotnēji uzrāda labāku hermetizāciju, salīdzinot ar vieglāko saplākšņa konstrukciju (PLY). Pēc iekšējās apdares, salaidumu un šuvju blīvēšanas pabeigšanas sasniegtie eksperimentālo būvju rezultāti konstrukciju gaisa caurlaidībai un attiecīgi gaisa apmaiņas kārtai pārspiediena apstākļos pie 50 Pa spiedienu starpības apkopoti 1. tabulā [4]. Salīdzinot ar vidējām rādītājiem, nedaudz palielināta gaisa caurlaidība saglabājas frēzbaļķu (LOG) būvei. Tā kā baļķu salaidumi ir hermetizēti ar speciālam blīvumijām, atšķirību iemesls varētu būt salaidumi stūros. Tomēr arī šajā gadījumā gaisa caurlaidība ir vairāk nekā trīs reizes mazāka, nekā noteikts normatīvā, un nevar radīt manāmus papildu siltuma zudumus.

Eksperimentālo būvju faktiskās gaisa apmaiņas mērījumu rezultāti, izmantojot iezīmētās gāzes metodi, apkopoti 2. tabulā [4]. Dabiskos apstākļos pie ieslēgtas mehāniskās ventilācijas visos stendos tiek nodrošināta gaisa apmaiņas intensitāte intervālā 0,43–0,5 1/h. Kontrolmērījumi frēzbaļķu būvē (LOG) pie izslēgtas un noblīvētas ventilācijas dabiskas spiediena starpības apstākļos apstiprina nebūtisku konstrukciju gaisa caurlaidību, kas ir vairāk nekā 10 reizes mazāka nekā telpu ventilācijai nepieciešamā gaisa apmaiņas kārtā. Tas arī parāda, ka visos gadījumos konstrukciju hermetizācijas pakāpe ir tik augsta, ka nekontrolējamu siltuma zudumu gandrīz nav un nepieciešamo ventilācijas un kondicionēšanas sistēmu parametru uzstādīšanai nerodas nekādi sarežģījumi.

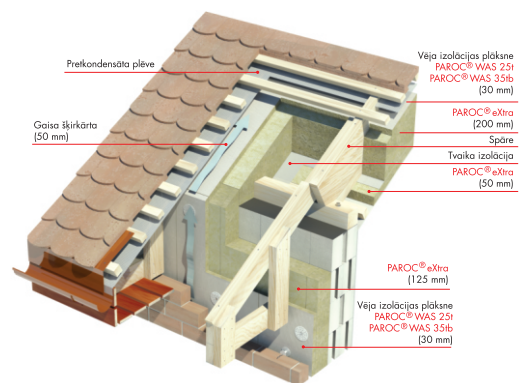
Lai noteiktu konstrukciju faktiskās siltuma caurlaidības U vērtību atbilstību projektētajām, tika veikti mērījumi visu eksperimentālo būvju ārējiem, grīdām un griestu pārsegumiem – iegūtie rezultāti apkopoti 3. attēlā. Ar sarkanu līniju iezīmētas

PAROC® akmens vates risinājumi

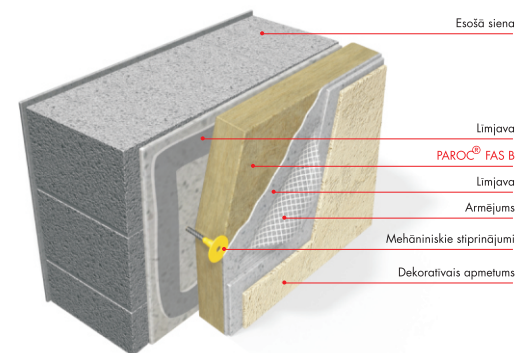
Neapdzīvota mansarda siltināšana



Mansarda jumta savienojums ar trīsslāņu sienas konstrukciju



Fasādes siltumizolācija



- sausas konstrukcijas
- atbilstība aprēķiniem

šobrīd spēkā esošās U normatīvās vērtības dzīvojamām ēkām saskaņā ar LBN 002-01 «Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnikā» ar nosacījumu, ka temperatūras faktors $k=1$. Mērījumu rezultāti grīdas un griestu konstrukcijām ir tuvu projektētajām vērtībām. Ārsienām labākie rezultāti iegūti frēzbaļķu (LOG) stendā, te U vērtība ir pat labāka par projektēto un aptuveni trīs reizes mazāka par normatīvos noteikto vērtību (sarkanā raustītā līnija). To iespējams skaidrot ar mazu mitruma saturu konstrukcijā. Viegla karkasa konstrukcijas (PLY) ārsienu U vērtība labi saskan ar, balstoties uz ražotāja deklarētajiem datiem, pēc standarta LVS EN ISO 6946 aprēķināto vērtību, t.i., tā ir tuva projektētajai. Visām mūrēto ārsienu konstrukcijām (AER, CER, EXP) pēc izbūves izmēritajām U vērtībām ir liela izkliede, ko nosaka atšķirīgais mitrums un mūrjavas klātbūtne šuvju zonā. Gāzbetona (AER) un eksperimentālo bloku (EXP) ār sienas atsevišķās vietās pat līdz 2,5 reizēm pārsniedz aprēķina jeb projektētās vērtības [5]. Tas galvenokārt skaidrojams ar konstrukciju mitruma atšķirībām – gāzbetonu bloku lielo sākotnējo mitrumu nosaka to ražošanas tehnoloģija, ūdens ir izmantotās mūrjavas sastāvā, un būvniecība notika rudens/ziemas periodā. Mērījumu rezultāti apstiprina, ka mūrēto konstrukciju un it īpaši gāzbetona U vērtība ēkas ekspluatācijas sākumā līdz mitruma režīma stabilizācijai var būt būtiski lielāka, nekā tas izriet no ražotāju deklarētajām materiālu siltuma vadītspējas vērtībām, un turpmākie pētījumi parādīs, vai tās tiks sasniegtas. Tādējādi gāzbetona gadījumā vismaz pirmajos gados jāreķinās ar būtiski lielāku apkures energopatēriņu aukstajā gadalaikā.

Mūra konstrukciju žūšanas procesam ir tieša ietekme arī uz raksturīgo telpas gaisa relatīvo mitrumu (sk. 4. att.). Cilvēka fizioloģiskā komforta nodrošināšanai telpas gaisa relatīvais mitrums ieteicams robežās no 40 līdz 60%, bet tam nevajadzētu būt zem 30% un virs 70%. Arī ēkas konstrukciju veselībai ir būtiski nepārsniegt 70% mitruma robežu, jo nepietiekamas ventilācijas apstākļos tas būtiski palielina kondensāta veidošanās risku uz pazeminātas temperatūras virsmām (piem., stūros vai

aiz mēbelēm) un var sekmēt mikroorganismu, pelējuma sēnīšu augšanu. Arī šādā aspektā vide gāzbetona būvēs to sākotnējās ekspluatācijas periodā (iespējams, pat vairākus gadus) ir nelabvēlīga.

Mūra konstrukciju žūšanas procesam un ar to saistītajai palielinātajai U vērtībai vienādā ventilācijas režīmā ($n \approx 0,5$ 1/h) ir tieša ietekme uz ēkas enerģijas patēriņu apsildei (sk. 5. att.), nosakot par 20–25% lielāku enerģijas patēriņu gāzbetona (AER) un eksperimentālo bloku (EXP) stendiem salīdzinājumā ar frēzbaļķu (LOG) un saplākšņa paneļu (PLY) stendos izmērīto, kas labi saskan ar prognozēto. Arī rūpnieciski ražoto keramisko bloku stenda energopatēriņš tikai nedaudz pārsniedz šo vērtību – mitruma ietekme te izpaužas tikai apmētam un mūrjavā. Gāzbetona stendā paaugstināto siltuma zudumu iemesls ir lielais materiāla sākotnējais mitrums, bet eksperimentālajos blokos iespējami citi cēloņi (piem., drumstalas un dobumu pildījuma materiālu siltuma vadītspējas atšķirība no prognozētā), kas jāpēta turpmāk.

Pētījumi ir tikai pašā sākumā, bet vasaras periodā veiktie mērījumi jau sniedz interesantas atziņas par konstrukciju masivitātes un siltuma caurlaidības atšķirīgo lomu ventilācijas un dzesēšanas režīmā (skat. 6. att.). Ja telpa karstā vasaras laikā netiek dzesēta, tad, protams, gaiss stendos no vieglajām konstrukcijām pārkarst vairāk, bet, ja, telpu dzesējot, ceņš uzturēt vienādu temperatūru (šajā gadījumā +24 °C), tad energopatēriņš tās nodrošināšanai stendos ar mazāku masivitāti (laukuma masu) arī ir mazāks (skat. kumulatīvo patēriņu PLY un LOG stendā salīdzinājumā ar CER stendu 9. att.). Vēl mazāks energopatēriņš dzesēšanai ir gāzbetona (AER) un eksperimentālajā (EXP) stendā, bet tā iemesls ir pavisam cits – šo stendu ār sienām ir būtiski lielāka siltuma caurlaidība (skat. arī 3. att.) un no tām iztvaiko liekais mitrums, papildus pazeminot konstrukciju temperatūru.

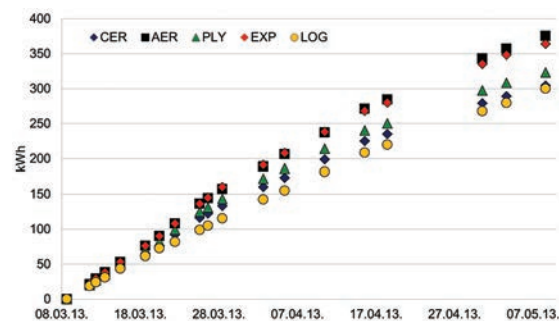
No 1. oktobra testējamās būvēs sāka apkures sezona, uzturot iekštelpu temperatūru +19 °C, kas tiks turpināta līdz nākamā gada aprīļa beigām, un par to ceram pastāstīt kādā no turpmākajiem mūsu žurnāla numuriem. **LB**

1. tabula. Gaisa apmaiņas un gaisa caurlaidības mērījumi pie 50 Pa spiediena starpības

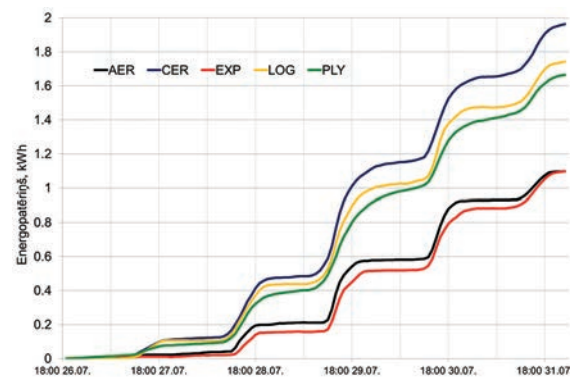
Testēšanas stends	Gaisa apmaiņa n_{50} (h ⁻¹)	Gaisa caurlaidība q_{50} (m h ⁻¹)
LOG	1,91	0,94
EXP	0,67	0,34
AER	1,12	0,56
CER	1,47	0,70
PLY	0,93	0,46

2. tabula. Gaisa apmaiņas kārtas mērījumu rezultāti, izmantojot izemētās gāzes metodes

Testēšanas stends	Ventilācija	Ventilācijas atvere	Gaisa apmaiņa n (h ⁻¹)
LOG	ieslēgta	Vaļā	0,45±0,03
LOG	izslēgta	Ciet	0,03±0,01
EXP	ieslēgta	Vaļā	0,48±0,02
AER	ieslēgta	Vaļā	0,5±0,03
CER	ieslēgta	Vaļā	0,43±0,04
PLY	ieslēgta	Vaļā	0,44±0,01



5. attēls. Eksperimentālo stendu kumulatīvais enerģijas patēriņš apsildei ekspluatācijas sākuma periodā, lai uzturētu +19 °C telpu temperatūru.



6. attēls. Kumulatīvais enerģijas patēriņš telpu dzesēšanai četrās karstās vasaras dienās (iestatītā temperatūra +24 °C).

Atsauces: pētījums tiek veikts Latvijas Universitātē ar ERAF finansiālo atbalstu (projekts Nr. 2011/0003/2DP/2.1.1.1.0/APIA/VIAA/041). **Avoti:** 1. Jakovičs A., Dimdiņa I. Eksperimentāla būvrisinājumu testēšana. «Latvijas Būvniecība», nr. 3(32)12. 2. Jakovičs A., Gendelis S., Dimdiņa I. Eksperimentālo stendu energoefektivitātes un telpu mikroklimata monitoringa projekts. «Latvijas Būvniecība», nr. 6(35)12. 3. Dimdiņa I., Jakovičs A., Gendelis S., Klavins J. A testing ground for measuring influence of building envelope materials on energy efficiency and indoor environment. CLIMA 2013, Prāga, 2013. 4. Gendelis S., Jakovičs A., Nitijevskis A., Ratnieks J. Comparison of different air tightness and air exchange rate measurements in very small test buildings. 34th AIVC Conference, Atēnas, 2013. 5. www.eem.lv.