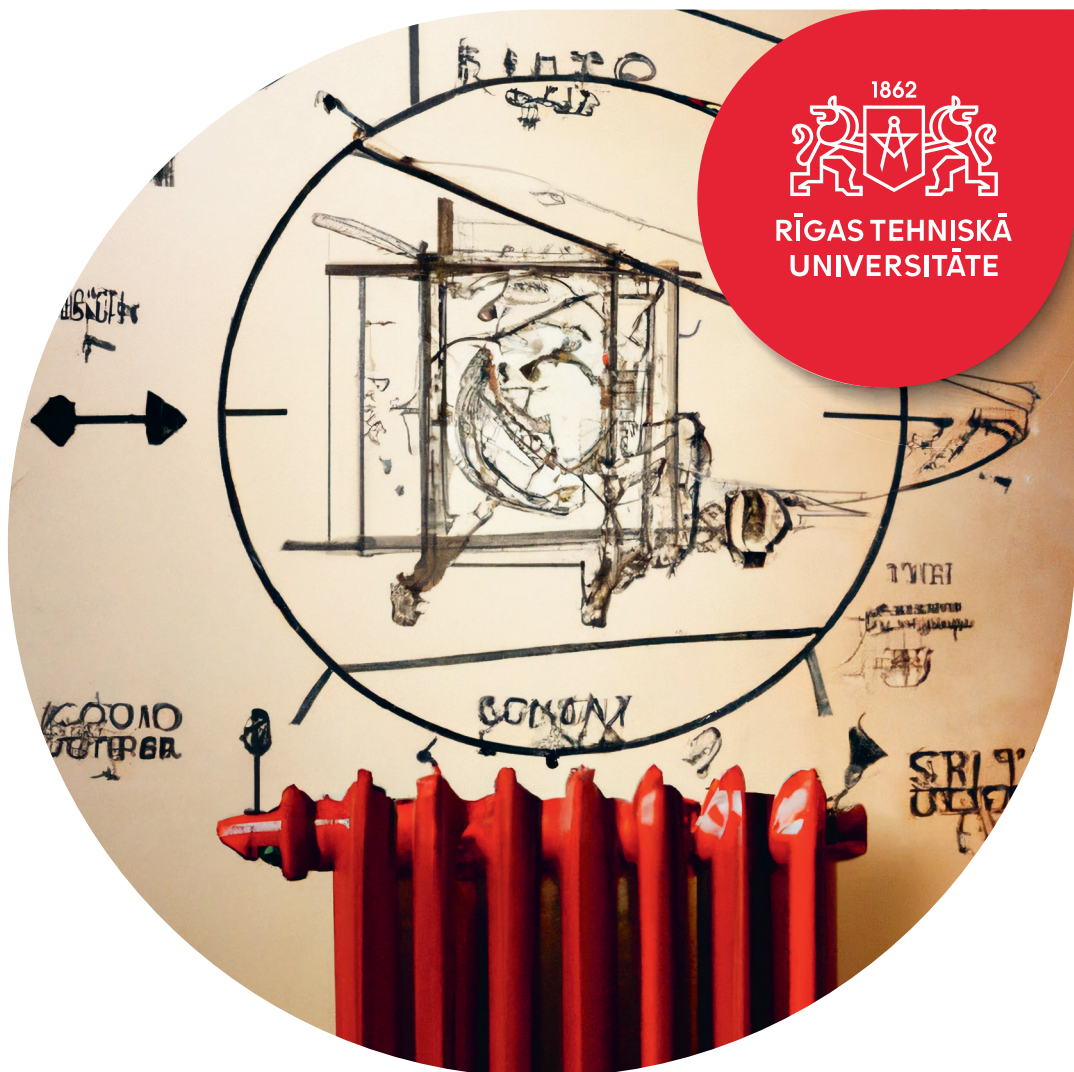




RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE



Apkures siltumslodzes aprēķina metodika

Aleksandrs Zajacs, Jurgis Zemītis, Raimonds Bogdanovičs



Siltuma, gāzes un
ūdens tehnoloģijas institūts

Aleksandrs Zajacs, Jurgis Zemītis,
Raimonds Bogdanovičs

APKURES SILTUMSLODZES APRĒĶINA METODIKA

RTU Izdevniecība
Rīga 2023

Aleksandrs Zajacs, Jurgis Zemītis, Raimonds Bogdanovičs. Apkures siltumslodzes aprēķina metodika. Rīga, RTU Izdevniecība, 2023. 32 lpp.

Grāmata "Apkures siltumslodzes aprēķina metodika" paredzēta izmantošanai profesionālās un augstākās izglītības mācību iestādēs. Metodika praktiski profesionālajā darbībā izmantojama, ievērojot atbilstošo normatīvo aktu prasības. Lietotāji ir atbildīgi par metodiskā materiāla pareizu lietošanu.

Šīs grāmatas ietvaros apkures siltumslodzes aprēķinu metodes un to lietošanas robežas aprakstītas saskaņā ar LVS EN 12831-1 "Ēku energoefektivitāte. Siltumslodzes projektēšanas aprēķina metode. 1. daļa: Telpu siltumslodze. M3-3 modulis".

Zinātniskais redaktors:

Dr. sc. ing. profesors Anatolijs Borodiņecs

Literārā redaktore Inga Gulbe

Datorsalikums Paula Lore

Vāka dizains Paula Lore

Vāka attēls radīts ar mākslīgā intelekta palīdzību.

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2023
© Aleksandrs Zajacs, Jurgis Zemītis, Raimonds Bogdanovičs, 2023

ISBN 978-9934-22-860-5 (pdf)

ISBN 978-9934-22-859-9 (print)

Saturs

01	Ēkas siltumslodzi ietekmējošie faktori	4
02	Ēku apkures slodzes aprēķina metodika	7
03	Standarta detalizētās metodes aprēķina secība	10
04	Standarta detalizētās metodes aprēķins vispārīgam gadījumam	16
05	Aprēķina piemērs vienai istabai	26
06	Aprēķina piemērs istabai ar nesabalansētu ventilāciju un gaisa pieplūdi no blakustelpas ar citu projektējamo temperatūru	30
	Literatūra	32

Ēkas siltumslodzi ietekmējošie faktori

Ēkas siltumslodze ir siltuma zudumi caur visām norobežojošajām konstrukcijām minimālā ārējais aprēķina temperatūrā. Siltuma zudumus būvkonstrukcijās un kopējo enerģijas patēriņu ietekmē virkne pamatfaktoru:

- āra klimats (gaisa temperatūra, mitrums, vēja un saules ietekme, ēkas orientācija u. c. dažādi klimatiskie korekcijas koeficienti);
- norobežojošo konstrukciju materiālu īpašības (mitrums, siltumvadītspēja un siltumietilpība – siltuma inerence, gaisa caurlaidība – infiltrācija, konstrukciju ekspluatācijas apstākļi);
- iekštelpu klimats (gaisa temperatūra, mitrums, griestu augstums, cilvēku un iekārtu izdalītais siltums).

Aprēķinot siltumslodzi, siltuma zudumu novērtēšana pamatā balstās uz transmisijas un ventilācijas siltuma zudumu novērtējumu. Projektējamo siltumslodzi aprēķina, summējot transmisijas siltuma zudumus, siltuma zudumus ventilācijai un nepieciešamo papildu apkures jaudu (ja tāda ir). Siltuma zudumus nosaka viszemākajā ārējais aprēķina temperatūrā, lai nodrošinātu siltumenerģijas pieprasījumu gada visaukstākajā laikā.

Papildus apkures jaudas (piemēram, siltumenerģiju gaisa mitrināšanai, bēniņu, pagrabu, ziemas dārzu apsildei u. c.) ir ieteicams ņemt vērā tikai gadījumos, kad tās var izmantot vienlaicīgi ar pamatapkures pārmērīgas jaudas iekārtām laikā, kad temperatūra ir tuvu projektētajai viszemākajai ārējais temperatūrai. Šāda pieeja ļauj novērst situāciju, kad tiek uzstādīts siltuma ģenerators.

Siltumenerģijas ieguvumus var ņemt vērā, tikai novērtējot ar tiem saistītos riskus. Ievērojamus siltuma ieguvumus ir ieteicams ņemt vērā tikai gadījumos, ja tiek izslēgta iespēja, ka šie ieguvumi (piemēram, no iekārtām) nebūs pieejami laikā, kad ārējais temperatūra ir tuvu projekta ārējais temperatūrai vai zemāka par to.

Vispārīgā gadījumā ēkas siltuma zudumu bilanci apraksta vienādojums:

$$\Phi_{HL,build} = \sum_i \Phi_T + \sum_i \Phi_V + \sum_i \Phi_{papildu} - \sum_i(\Phi_{ieg}), W, (1.)$$

kur

Φ_T – transmisijas siltuma zudumi, W;

Φ_V – ventilācijas siltuma zudumi, W;

$\Phi_{papildu}$ – papildu apkures jaudas, W;

Φ_{ieg} – siltuma ieguvumi, W.

Transmisijas siltuma zudumi sadalāmi proporcionāli starp ēku konstrukcijām atbilstoši konstrukcijas laukuma A_k un siltuma caurlaidības koeficienta U_k reizinājuma vērtībām, tāpēc dažāda tipa ēkām būs dažāds siltuma zudumu sadalījums starp konstrukcijām. Aprēķinu piemērā tiks apskatīta viengimenes māja ar noteiktām U_k vērtībām, kas apkopotas 1. tabulā.

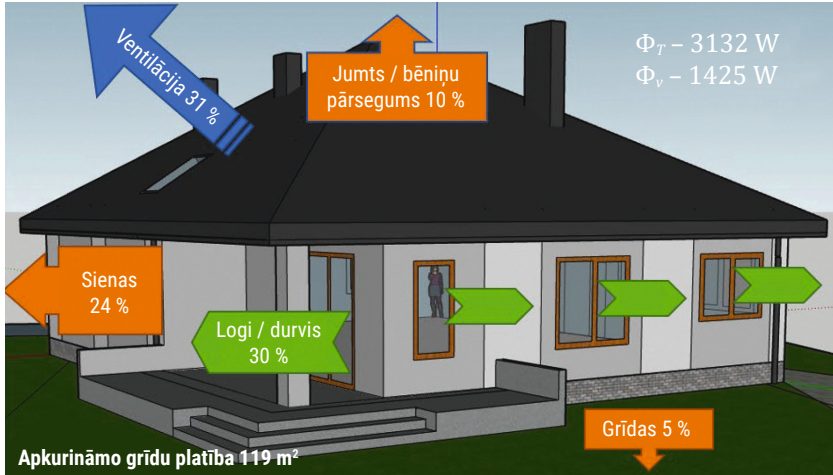
1. tabula

Viengimenes mājas U_k vērtības

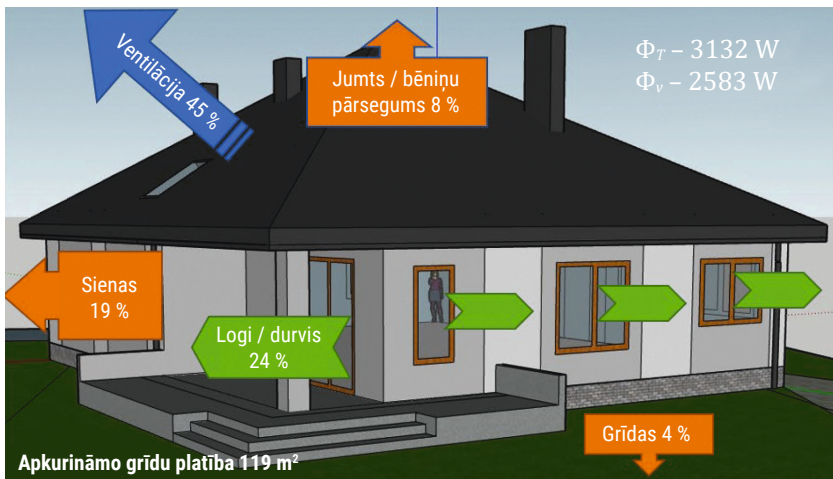
Transmisijas siltuma zudumi	
Konstrukcija	U_k vērtības, W/(m ² ·K)
Sienas, šūnu betons ar siltinājumu	0,19
Siltināta grīda uz grunts	0,17
Ventilējamo bēniņu siltināts pārsegums	0,10
PVC logi	1,08
Ieejas durvis	2,00
Ventilācijas siltuma zudumi	
Gaisa apmaiņa (ieskaitot infiltrāciju)	0,66 h ⁻¹

Siltuma caurlaidības koeficienta U_k vērtība rēķināta atbilstoši LBN 002-19 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika” prasībām, ņemot vērā klimata ietekmi uz konstrukcijām.

Ēka ir vienstāva būve, kuras logu un fasāžu laukumu attiecība ir 16 % un logu un apkurināmo grīdu laukumu attiecība ir 23 %. Šādas ēkas siltuma zudumu (Φ , W) sadalījums projektējamajā ārējais temperatūrā ir parādīts 1. attēlā.



a) Ēkas siltuma zudumu sadalījums (ventilācijas gaisa rekuperācijas efektivitāte – 75 %).



b) Ēkas siltuma zudumu sadalījums (bez rekuperācijas).

1. attēls. Siltuma zudumu sadalījums projektējamajā aprēķina ārējais temperatūrā a) ar rekuperāciju, b) bez rekuperācijas.

Ēku apkures slodzes aprēķina metodika

Metodika ietver apkurināmo telpu un ēku siltumslodzes aprēķinu siltumenerģijas plūsmas līdzsvara stāvoklī. Projektējamo siltumslodzi definē kā siltuma jaudu, kas nepieciešama, lai uzturētu noteiktu iekšējo temperatūru projektējamajā ārgaisa temperatūrā. Saskaņā ar LVS EN 12831-1 ēku siltumslodzes aprēķina metodikas pamatā ir ēkas siltuma zudumu noteikšana un to iedalīšana katrai telpai atbilstoši ekspluatācijas temperatūrai. Ir trīs siltumslodzes noteikšanas metodes atbilstoši katras metodes lietojamības robežām:

- atsevišķu istabu siltumslodzes noteikšana (standarta detalizētā metode);
- ēkas vienību (piemēram, dzīvokļa, telpu grupas, kur siltuma patēriņu var kontrolēt atsevišķi no pārējās ēkas) siltumslodzes noteikšana (vienkāršotā metode (atsevišķai telpai vai telpu grupai));
- visas ēkas siltumslodzes noteikšana (vienkāršotā metode (siltuma ģeneratora nomaiņai)).



Telpu grupa – noteikta ēkas daļa (viena vai vairākas telpas), kuru viena persona lieto kā vienību, piemēram, dzīvoklis vai birojs, un kurai lietotājs var atsevišķi regulēt siltumenerģijas patēriņu.

Kaut arī standarta detalizētā metode ir universāla un daudzpusīga un to var izmantot gan vecām ēkām, gan jaunbūvēm, gan arī projektēšanās stadijā esošām ēkām, vienkāršāk to ir lietot projektējamām un

Metožu lietošanas robežas

Nr.	Metode	Lietojums	Piezīmes
1.	Standarta detalizētā	<ul style="list-style-type: none"> Jaunu vai projektējamo ēku apkures sistēmas dimensionēšanai Kompleksas renovācijas gadījumā, plānojot ēku apkures sistēmu nomaiņu Jebkāda cita siltuma zudumu vai siltumslodzes novērtēšanas problemātika 	Izmantojama, dalot ēku zonās un aprēķinot siltuma zudumus katrai telpai
2.	Vienkāršotā (atsevišķai telpai vai telpu grupai)	<ul style="list-style-type: none"> Sildķermeņu nomaiņa Hidrauliskā balansēšana 	Izmantojama, dalot ēku zonās ar atsevišķu uzskaiti un/ vai atbilstoši izmantošanas veidam. Ja zonas ietvaros atšķiras temperatūras režīmi, izvēlēto zonu var sadalīt pa istabām.
	Vienkāršotā (siltuma ģeneratora nomaiņai)	Plānojot siltumavotu (katla, siltummezgla) nomaiņu vai uzstādīšanu visai ēkai	Detalizēta informācija par ēku nav pieejama, un ēkas apsekošana nav iekļauta darbu apjomā

jaunām ēkām. Pirmkārt, jaunām ēkām ir zināmas precīzas U vērtības, informācija par gaisa caurlaidību utt., savukārt par vecām ēkām trūkst precīzas informācijas. Otrkārt, būvējot jaunu ēku, parasti apkures sistēma ir jāprojektē visai ēkai uzreiz, nevis jārisina atsevišķu elementu uzstādīšanas un/vai nomaiņas jautājumi. Viss minētais padara detalizētu siltuma zudumu aprēķinu obligātu. Pārbūvējot vai renovējot vecas ēkas, bieži ir jāuzstāda un/vai jāmaina tikai atsevišķi apkures sistēmas elementi (piemēram, katls). Tādā gadījumā, lietojot standarta metodi, ir jāiegulda daudz vairāk darba, nekā šī uzdevuma izpildei būtu vajadzīgs. Piedāvātās vienkāršotās metodes var izmantot, lai atvieglotu šo uzdevumu, bet šo metožu lietošana ir iespējama tikai ekspluatācijā esošām dzīvojamām (vai līdzīgas nozīmes) ēkām ar dabisku ventilāciju. Salīdzinot vienkāršoto un detalizēto metožu ievaddatus, var secināt, ka vienkāršotā metode neiekļauj dažus detalizētus aprēķinus un neņem vērā:

- gaisa infiltrācijas un ēku norobežojošo konstrukciju gaisa caurlaidības ietekmi, kā arī labojuma koeficientus atkarībā no ēkas orientācijas pret debespusēm;
- gaisa plūsmu savstarpējo ietekmi (no dažādām temperatūras zonām, nesabalansētu ventilāciju, papildu gaisa pieplūdi dažādu

procesu nodrošināšanai, pieplūdes caur lieliem atvērumiem, siltuma atgūšanu, recirkulāciju u. c.);

- laika konstanti, kas ir termālās akumulēšanas kapacitātes un siltuma pārneses koeficienta attiecība;
- ekvivalento siltuma caurlaidības koeficientu grīdām uz grunts un gada temperatūras svārstību labojuma koeficientu;
- ēkas augstumu un atrašanās vietas augstumu virs jūras līmeņa, kā arī vertikālo temperatūras gradientu augstceltnēm.



Vienkāršotās metodes lietojamas tikai stingri noteiktos gadījumos un robežnosacījumos. Aplūkojamajās telpās jāņem vērā siltuma zudumi uz piegulošajām telpām, ja temperatūru starpība starp aplūkojamo telpu un piegulošo telpu ir > 4 K. Ja aprēķinu veic visai ēkai, lai izvēlētos siltuma ģeneratoru, tad ēku nedala zonās vai atsevišķās telpās.

Vienkāršotās metodes nav piemērotas standarta detalizētās metodes aizstāšanai, risinot kompleksus uzdevumus, kas skar siltuma ģeneratoru un/vai siltummezglu kopsakarībā ar iekšējām siltumapgādes sistēmām.

Standarta detalizētās metodes aprēķina secība

3. tabula

Standarta detalizētās metodes aprēķina 1. posms

Aprēķina posms	Veicamās darbības
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Noteikt iekštelpu temperatūru un izmantošanas veidu. • Sadalīt ēku vienībās: <ul style="list-style-type: none"> • zonas / telpu grupas (dzīvokļi, apartamenti, biroji u. c.); • apsildāmas telpas (zonu / telpu grupu atsevišķas istabas); • neapsildāmas telpas (bēniņi, pagrabi, neapsildāmie ziemas dārzi u. c.).

Šajā aprēķina posmā ēka jāsadala vienībās un jānosaka zonu/telpu aprēķina iekštelpu temperatūra. Novērtējot gandrīz nulles enerģijas ēku, jāpieņem, ka iekštelpas temperatūras nosacījumi apkures periodā ir vismaz II kategorijas līmenī saskaņā ar standarta LVS EN 16798-1:2019 “Ēku energoefektivitāte. Ēku ventilācija. 1. daļa: Telpu mikroklimate ievades parametri ēku energoefektivitātes projektēšanai un novērtēšanai, ņemot vērā telpu gaisa kvalitāti, temperatūras režīmu, apgaismojumu un akustiku. M1-6 modulis” B pielikuma prasībām.



Tiek pieņemts, ka relatīvā mitruma līmenis ir 50 % un gaisa ātruma līmenis ir zems (< 0,1 m/s). Darba temperatūras robežas ir jāpielāgo, ja izmantojamā apgērba daudzums un/vai aktivitāšu līmeņi atšķiras no 4. tabulā minētajām vērtībām.

Aprēķina iekštelpu temperatūra

Ēkas/telpas veids	Kategorija	Minimālā iekštelpu operatīvā temperatūra (apkures sezonā) aptuveni 1,0 clo
Dzīvojamās ēkas, dzīvojamās telpas (guļamistabas, dzīvojamās istabas, virtuves u. c.). Mazkustīgs dzīvesveids ~1,2 met	II	20 °C
Dzīvojamās ēkas, citas telpas (palīgtelpas, glabātuves u. c.). Stāvēšanas un staigāšanas aktivitātes ~1,5 met	II	20 °C
Biroji un telpas ar līdzīgām aktivitātēm (atsevišķi biroji, atvērtā tipa biroji, konferenču telpas, auditorijas, kafetērijas, restorāni, klases). Mazkustīgs dzīvesveids ~1,2 met	II	20 °C

Iekštelpu temperatūras izvēlei var papildus izmantot LVS EN 12831-1:2017/NA:2020 “Ēku energoefektivitāte. Siltumslodzes projektēšanas aprēķina metode. 1. daļa: Telpu siltumslodze. M3-3 modulis” nacionālā pielikuma datus, ja tie nav pretrunā ar spēkā esošajiem Latvijas Republikas normatīvajiem aktiem.

Iekšējā projektējamā temperatūra, nacionālās noklusējuma vērtības

Ēkas/telpas veids	$\theta_{m,i}$, °C
Biroja telpa	20
Atvērta plānojuma biroja telpa	20
Konferenču telpa	20
Auditorija	20
Kafejnīca/restorāns	20
Klase	20
Bērnudārzs	20
Universālveikals (tirdzniecības centrs)	16
Dzīvojamā ēka	20
Vannasistaba	24
Baznīca	15
Muzejs/galerija	16



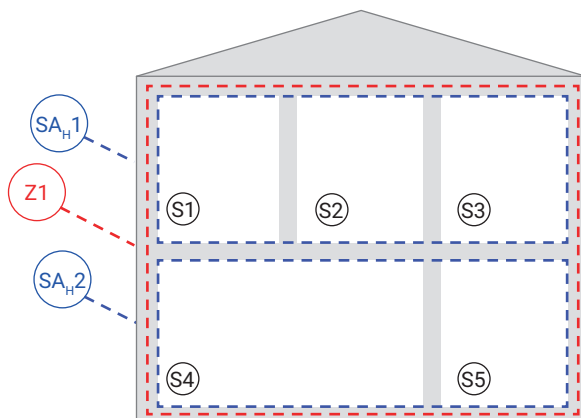
Zonēšana ir balstīta uz noteiktajiem zonējuma kritērijiem, sadalot ēku termiskajās zonās un katra pakalpojuma darbības zonās, (apkure, karstais ūdens, ventilācija dzesēšana, apgaismojums). Termiskajām un pakalpojumu zonām nav obligāti jāsakrīt. Dalīšana zonās notiek atbilstoši aprēķina mērķim. Termiskajās zonas iekļauj tās ēkas daļas, kas termiski mijiedarbojas (veidojas siltuma plūsma no vienas zonas uz otru), savukārt pakalpojuma zonas atspoguļo konkrēta pakalpojuma inženiersistēmu tehniskās īpatnības. Apkures siltumslodzes aprēķinā lielāka uzmanība ir veltīta termiskajam zonējumam, ņemot vērā ventilācijas sistēmas iespējamo ietekmi. Detalizēti zonēšanas procedūra ir aprakstīta LVS EN ISO 52000-1:2020 “Ēku energoefektivitāte. Vispārējs ēku energoefektivitātes novērtējums. 1. daļa: Vispārīgas pamatnostādnes un procedūras (ISO 52000-1:2017)”. Aprēķinot ēkas siltumslodzi, ēka jāsadala termiskajās zonās, ievērojot ventilācijas sistēmas sabalansētību. Nesabalansētas ventilācijas gadījumā jāievēro papildu siltuma izdalījumi vai zudumi ar gaisu, kas ieplūst no telpām, kur temperatūras režīms atšķiras.

6. tabula

Funkcionālie kritēriji ēkas sadalīšanai termiskajās zonās

Simbols	Apraksts	Funkcionālie kritēriji
Z_{th}	Termiskā zona	<ul style="list-style-type: none"> • Dažādi darba režīmi (termiskie, mitruma) • Siltuma bilances atšķirības (piemēram, termiskā masa, iekšējie ieguvumi, ietverot sistēmas siltuma zudumus, stiklojuma un grīdas laukuma attiecība/noēnojums/orientācija) • Telpas kategorijas robeža • Ēkas vienības
SA_v	Ventilācijas pakalpojumu darbības zona	<ul style="list-style-type: none"> • Dažādi darba režīmi (ventilācijas nepieciešamība, kas saistīta ar iekštelpu gaisa kvalitāti) • Dažādi ventilācijas un/vai tās apakšsistēmu veidi • Atsevišķas ventilācijas sistēmas

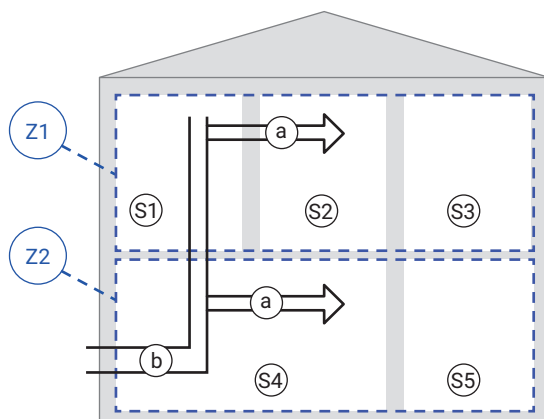
Secīgi pārbaudot funkcionālos kritērijus, tiek pieņemts lēmums par attiecīgā zonējuma nepieciešamību. Ja iespējams, novērtēto ēku uzskata par vienu termisko zonu.



Apzīmējumi

- S1, S2, ... atsevišķas telpas;
- SA_{H1} apkures sistēmas pirmā pakalpojuma darbības zona (piemēram, radiatori) vai pirmā ēkas vienība;
- SA_{H2} apkures sistēmas otrā pakalpojuma darbības zona (piemēram, grīdas apsilde) vai otrā ēkas vienība;
- Z1 unikāla termiskā pirmā zona.

2. attēls. Viena termiskā zona ar divām apkures sistēmas pakalpojuma darbības zonām.



Apzīmējumi

- S1, S2, ... atsevišķas telpas;
- Z1, Z2 termiskās zonas;
- a atgūstamie zudumi;
- b sadzīves karstā ūdens cauruļvadi.

3. attēls. Divas termiskās zonas ar vienu sadales sistēmas cauruļvadu.

Standarta detalizētās metodes aprēķina 2. posms

Aprēķina posms	Veicamās darbības
2.	<ul style="list-style-type: none"> • Noteikt projektējamo ārējais temperatūru atkarībā no objekta atrašanās vietas • Noteikt ēkas norobežojošo elementu parametrus: laukumu, U vērtību, piegulošo vidi (āra gaiss, grunts, cita istaba u. c.) • Noteikt ventilācijas nosacījumus katrai zonai / telpu grupai: gaisa caurlaidību, ventilācijas tipu (dabiskā vai mehāniskā), ventilācijas sistēmas projektēšanas parametrus • Noteikt iekštelpu temperatūru katrai telpu grupai, kas atrodas blakus citai apkurināmai telpu grupai, atbilstoši LVS EN 12831-1:2017/NA:2020 nacionālā pielikuma vērtībām vai standarta LVS EN 12831-1 D pielikumam • Ja telpu augstums ≥ 4 m, specifiskus norādījumus skatīties LVS EN 12831-1



Projektējamās ārējais temperatūras izvēles pamatā ir ēkas siltuma inerces, un īpašos gadījumos (ēkām ar ļoti zemu siltuma inerci, piemēram, teltīm vai citām pagaidu būvēm) ir papildus jāizvērtē riski, ka netiks sasniegts termiskais komforts. Siltuma inerces ir atkarīga no ēkas konstrukciju termālās masas. Termālā masa ir funkcija no materiāla blīvuma ρ (kg/m^3) un īpatnējās siltumietilpības c_p ($\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$), un tā ir materiāla siltumnoturības rādītājs. Vispārīgā gadījumā var izmantot visaukstāko piecu dienu vidējo gaisa temperatūru atbilstoši Noteikumu par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-19 “Būvklimatoloģija” spēkā esošajai redakcijai. Salīdzinājumam var lietot ārējais temperatūras no *ASHRAE* klimata datiem. LBN 003-19 ir norādītas konservatīvākas vērtības, iekļaujot datus par 50 gadiem, savukārt *ASHRAE* apkopotie dati iekļauj temperatūras par pēdējiem 20 gadiem, vairāk atspoguļojot klimata pārmaiņu tendences. Jāņem vērā, ka dažādos klimata datu avotos norādītās temperatūras atbilst dažādām to pārsniegšanas varbūtībām. 8. tabulā ir salīdzinātas aprēķina temperatūras no LBN 003-19 un *ASHRAE*. Pēdējā norāda temperatūras 99,6 % gada kumulatīvās sastopamības biežumu:
<http://ashrae-meteo.info/v2.0/index.php#>.

Būvizstrādājumu un būves elementu aprēķina vērtības (siltuma caurlaidības koeficientu U , ψ_f un χ_k) nosaka atbilstoši Noteikumiem par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-19 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”. Veicot inženiertehniskos aprēķinus, par siltumtehnisko

Siltumslodzes aprēķina temperatūru salīdzinājums

Pilsēta	LBN 003-19 (1969–2018)	ASHRAE (99,6 % nodrošinājums) (1994–2014)
Ventspils	-16,4	-17
Liepāja	-17,8	-15,8
Rīga	-20,0	-18,2
Daugavpils	-23,3	-22,1

raksturlielumu izejas datiem primāri izvēlas ražotāja sniegto informāciju. Ja šāda informācija nav pieejama, atļauts izmantot pētījumus un nozares literatūru.

Jaunbūvēm visas būves gaiscaurlaidībai, kas izteikta kā gaisa noplūde $m^3/(m^2 \cdot h)$ un izmērīta ar spiediena starpību 50 Pa (q_{50}), ir noteiktas šādas robežvērtības:

- ēkām ar dabīgo ventilāciju (vēdināšanu) – $q_{50} \leq 3 m^3/(m^2 \cdot h)$;
- ēkām ar mehānisko ventilācijas sistēmu – $q_{50} \leq 2 m^3/(m^2 \cdot h)$;
- ēkām ar mehānisko ventilācijas sistēmu, kas aprīkota ar siltuma atguves (gaisa rekuperācijas) ierīcēm, – $q_{50} \leq 1,5 m^3/(m^2 \cdot h)$;
- ražošanas ēkām – $q_{50} \leq 4 m^3/(m^2 \cdot h)$.

Nosakot ventilācijas sistēmas tipu un projektēšanas parametrus, gandrīz nulles enerģijas ēkām jāpieņem, ka ventilācijas gaisa apmaiņa ir pietiekama, lai nodrošinātu svaiga gaisa padevi vai tehnoloģiskos apstākļus apkalpojamajā zonā atbilstoši būvniecības normatīvajos aktos noteiktajām prasībām.

Standarta detalizētās metodes aprēķina 3. un 4. posms

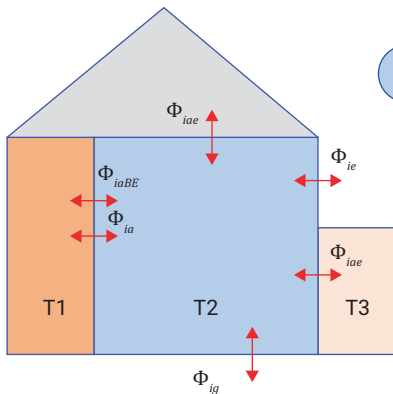
Aprēķina posms	Veicamās darbības
3.	Aprēķināt: <ul style="list-style-type: none"> • transmisijas siltuma zudumus katrai apsildāmajai telpai; • ventilācijas siltuma zudumus (katrai apsildāmajai telpai, katrai zonai, visai ēkai); • ja nepieciešams, arī papildu apkures jaudas nepastāvīgi apsildāmām telpām (piemēram, bēniņiem, pagrabiem, ziemas dārziem u. c.).
4.	Aprēķināt kopējo siltumslodzi: <ul style="list-style-type: none"> • katrai apsildāmajai telpai (sildķermeņu dimensionēšanai, hidrauliskai balansēšanai u. c.); • ja nepieciešams, katrai telpu grupai (neatkarīga siltumavota dimensionēšanai); • ja nepieciešams, visai ēkai (piemēram, katla dimensionēšanai).

Sīkāk abi šie posmi ir apskatīti šīs metodikas sadaļā “Aprēķina piemērs vienai istabai”.

04

Standarta detalizētās metodes aprēķins vispārīgam gadījumam

SILTUMSLODZE



T4

Ja $\Delta(T_{12}) \leq 4$, tad Φ_{iaBE} vai $\Phi_{ia} = 0$
T3 - neapkurināmas telpas
temperatūra
T4 - ārgaisa temperatūra

4. attēls. Termisko zonu un savstarpējo siltuma plūsmu apzīmējumi.

Ēkas siltumslodze

$$\Phi_{HL,build} = \sum_i (\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig}) + \Phi_{V,build} + \sum_i (\Phi_{hu,i}) - \sum_i (\Phi_{gain,i}), \quad (2.)$$

kur

$\Phi_{HL,build}$ - ēkas projektējamā siltumslodze, W;

$\sum_i (\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig})$ - tieši vai netieši uz ārpusi notiekošas transmisijas (pārvades) radīto siltuma zudumu summa visām ietvertajām

apsildāmajām telpām (i) saskaņā ar šīs metodikas sadaļu "Transmisijas siltuma zudumi", W;

$\Phi_{T,ie}$ – transmisijas (T) siltuma zudumi no apsildāmajām telpām (i) uz ārējo vidi (e);

$\Phi_{T,iae}$ – transmisijas (T) siltuma zudumi no apsildāmajām telpām (i) uz neapkurināmu blakustelpu;

$\Phi_{T,ig}$ – transmisijas (T) siltuma zudumi no apsildāmajām telpām (i) uz grunti (g), W;

$\Phi_{V,build}$ – ēkas ventilācijas (V) siltuma zudumi saskaņā ar šīs metodikas sadaļu "Ventilācijas siltuma zudumi", W;

$\sum_i(\Phi_{hu,i})$ – papildu apkures jaudu summa (ja nepieciešams), W;

$\sum_i(\Phi_{gain,i})$ – siltuma ieguvumu summa (ja nepieciešams), W.



Lai ekonomisku un ekoloģisku apsvērumu dēļ novērstu siltuma ģeneratora pārmērīgu jaudu, jāņem vērā tikai tās papildu apkures jaudas, kuras tiks izmantotas vienlaikus ar pamatslodzi projektējamajā ārgaisa temperatūrā.

Telpu grupu (BE) (ēkas vienību) siltumslodze

$$\Phi_{HL,BE} = \sum_i(\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig}) + \Phi_{V,BE} + \sum_i(\Phi_{hu,i}) - \sum_i(\Phi_{gain,i}), \quad (3.)$$

kur

$\Phi_{HL,BE}$ – telpu grupas (BE) projektējamā siltumslodze, W;

$\Phi_{T,iaBE}$ – transmisijas (T) siltuma zudumi no apsildāmajām telpām (i) uz pieguļošu telpu grupu (aBE), W.

Pārējie koeficienti un indeksi analogiski 1. formulai.

Apsildāmās telpas (i) siltumslodze

$$\Phi_{HL,BE} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i}, \quad (4.)$$

kur

$\Phi_{T,i}$ – visu transmisijas siltumu zudumu summa saskaņā ar 6. formulu, W.

$\Phi_{V,i}$, $\Phi_{hu,i}$, $\Phi_{gain,i}$ – projektējamie apsildāmās telpas ventilācijas siltuma zudumi, papildu apkures jaudu summa (ja nepieciešams), siltuma ieguvumu summa saskaņā ar 2. formulu, W.

TRANSMISIJAS SILTUMA ZUDUMI

Pilnos projektējamos transmisijas siltuma zudumus $\Phi_{T,i}$ aprēķina, izmantojot formulu:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (5.)$$

kur

$\Phi_{T,i}$ – kopējo apsildāmās telpas (i) transmisijas siltuma zudumu koeficients, W;

$H_{T,ia}$ – siltuma pārvades uz piegulošajām telpām koeficients, W/K;

$H_{T,ie}$, $H_{T,iae}$, $H_{T,iaBE}$, $H_{T,ig}$ – siltuma pārvades koeficients ar indeksiem atbilstoši 2. un 3. formulas skaidrojumiem.

Daļējus transmisijas siltuma zudumus $\Phi_{T,ix}$ aprēķina, izmantojot formulu:

$$\Phi_{T,ix} = H_{T,ix} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (6.)$$

kur

$\Phi_{T,ix}$ – transmisijas siltuma zudumi no apsildāmās telpas uz citu telpu (x),

kur (x) var būt, W:

- uz ārpusi (e), $\Phi_{T,e}$,
- apkurināmas blakustelpas (a), $\Phi_{T,ia}$,
- neapkurināmas blakustelpas saskarē ar ārējo vidi (ae), $\Phi_{T,iae}$,
- pieguļošas ēkas daļas (aBE), $\Phi_{T,iaBE}$,
- grunts (g), $\Phi_{T,g}$;

$H_{T,ix}$ – siltuma pārvades koeficients no apsildāmas telpas (i) uz vienu no zemāk uzskaitītajiem, W/K:

- $H_{T,ie}$, $H_{T,ia}$, $H_{T,iae}$, $H_{T,iaBE}$, $H_{T,ig}$ – indeksi atbilstoši 2. un 3. formulas skaidrojumam;

θ_{int} – projektējamā iekštelpu temperatūra, °C;

θ_e – projektējamā blakus vides (ar kuru saskaras konstrukcijas elements) temperatūra, °C.

Ja siltuma pārnese notiek tieši uz ārpusi, siltuma pārneses koeficientu $H_{T,ie}$ nosaka šādi:

$$H_{T,ie} = \sum_i (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}), \quad (7.)$$

kur

$H_{T,ie}$ – siltuma pārneses koeficients no apsildāmas telpas (i) uz ārpusi (e), W/K;

A_k – būvelementa (k) virsmas laukums, m²;

U_k – būvelementa (k) siltumcaurlaidība, W/(m²·K);

ΔU_{TB} – termisko tiltu kopējā papildu siltumcaurlaidība, $W/(m^2 \cdot K)$;
 $f_{U,k}$ – ēkas daļas raksturlielumu un meteoroloģisko apstākļu korekcijas faktors (tiek pieņemts atbilstoši nacionālā pielikuma datiem);
 $f_{ie,k}$ – temperatūras korekcijas koeficients saskaņā ar 11., 12., 13. formulu.

10. tabula

Norobežojošo konstrukciju termisko tiltu ΔU_{TB} papildu siltumcaurlaidība, nacionālā pielikuma noklusējuma vērtības

Izvēles kritēriji	Papildu siltumcaurlaidība
	ΔU_{TB}
	$W/(m^2 \cdot K)$
Jaunas ēkas ar augstu siltumizolācijas pakāpi un apliecinātu termisko tiltu minimizēšanu, kas pārsniedz vispāratzītos prakses noteikumus	0,02
Jaunas ēkas, kas atbilst vispāratzītajiem prakses noteikumiem par termisko tiltu minimizēšanu	0,05
Ēkas ar galvenokārt iekšējo siltumizolāciju, kur izolācijas slāni šķērso masīvs pārsegums (piemēram, dzelzsbetons)	0,15
Visas citas ēkas	0,10

Ja transmisijas siltumcaurlaidības koeficienta aprēķinā ir detalizēti jānovērtē termiskie tilti vai papildu siltumcaurlaidības noklusējuma vērtības pārsniedz projektā paredzētās vērtības, tad izmanto formulu:

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ie,k}) + \sum_l (l_l \cdot \psi_l \cdot f_{ie,l}) + \sum_m (\chi_m \cdot f_{ie,m}), \quad (8.)$$

kur

$H_{T,ie}$ – siltumcaurlaidības no vienas telpas uz otru telpu koeficients, W/K ;

A_k – konstrukcijas laukums, m^2 ;

U_k – konstrukcijas k siltumcaurlaidība, kas ir noteikta atbilstoši standartiem, NE ISO 6946 – necaurspīdīgiem elementiem, NE ISO 10077-1 – logiem un durvim, ražotāja dati atbilstoši *ETA (European Technical Approvals)*;

$f_{ie,k/l/m}$ – temperatūras pielāgošanas koeficients telpām ar augstiem griestiem un telpām ar atšķirīgu projektējamo temperatūru. Aprēķinam izmanto 11. formulu, kas detalizētāk paskaidrota standarta NE 12831-1 6.3.2.5. sadaļā. Ja pielāgošana nav nepieciešama, $f_{ie} = 1$;

ψ_l – lineārā termiskā tilta siltumcaurlaidība, $W/(m \cdot K)$ (maksimālās termisko tiltu vērtības ir norādītas Noteikumos par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-19 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”, vidējās

vērtības ir atrodamas literatūrā un priekšmeta “Būvniecības siltumfizika” mācību materiālos);

l_l – lineārā termiskā tilta garums, m;

χ_m – punktveida termiskā tilta termiskā caurlaidība, W/K;

k – konstrukcija (siena, logs, pārsegums u. c.);

l – lineārs;

m – punktveida.

Ja siltuma pārnese notiek uz piegulošajām telpām, siltuma pārneses koeficientu $H_{T,ia}$ nosaka šādi:

$$H_{T,ia} = \sum_i (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}), \quad (9.)$$

kur

$H_{T,ia}$ – siltuma pārneses koeficients no apsildāmas telpas (i) uz piegulošu apsildāmu telpu (a), W/K;

A_k – būvelementa (k) virsmas laukums, m²;

U_k – būvelementa (k) siltumcaurlaidība, W/(m²·K);

$f_{ia,k}$ – temperatūras korekcijas koeficients saskaņā ar 11., 12., 13. formulu.

Ja siltuma pārnese notiek caur grunti, siltuma pārneses koeficientu $H_{T,ig}$ nosaka šādi:

$$H_{T,ig} = f_{\theta,ann} \cdot \sum_i (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k}), \quad (10.)$$

kur

$H_{T,ig}$ – siltuma pārneses koeficients no apsildāmas telpas (i) uz grunti (g), W/K;

$f_{\theta,ann}$ – korekcijas koeficients, ņemot vērā ārējais temperatūras gada svārstības, atbilstoši standarta LVS EN 12831-1 nacionālajam pielikumam N.A.2.3. ($f_{\theta,ann} = 1,45$);

A_k – būvelementa (k) virsmas laukums, m²;

$U_{equiv,k}$ – saskarē ar grunti esoša būvelementa k ekvivalentā siltumcaurlaidība, W/(m²·K);

$f_{GW,k}$ – korekcijas koeficients, ņemot vērā gruntsūdeņu ietekmi (tiek pieņemts atbilstoši nacionālā pielikuma datiem) ($f_{GW,k} = 1$, ja attālums starp pieņemto gruntsūdens līmeni un grīdas uz grunts virsmas līmeni ir > 1 m; $f_{GW,k} = 1,15$, ja attālums starp pieņemto gruntsūdens līmeni un grīdas uz grunts virsmas līmeni ir ≤ 1 m);

$f_{ig,k}$ – temperatūras korekcijas koeficients saskaņā ar 11., 12., 13. formulu.



10. formula attiecas tikai uz saskarē ar grunti esošiem būvelementiem. Pacelto grīdu vai neapsildāmu pagrabu siltuma pārneses koeficientu aprēķina saskaņā ar 7. formulu.

Saskarē ar grunti esošo būvelementu k ekvivalentā siltumcaurlaidība jānosaka vienā no šiem veidiem:

- detalizēti – atbilstoši NE ISO 13370;
- vienkāršotā veidā – atbilstoši standarta 12831-1 E pielikumam, kas ir vienkāršots NE ISO 13370 atvasinājums.

Temperatūras korekcijas koeficientu $f_{ix,k}$ aprēķina šādi:

$$f_{ix,k} = f_1 + f_2, \quad (11.)$$

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad (12.)$$

$$f_2 = \frac{\theta_{int,k}^* - \theta_{int,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad (13.)$$

kur

$f_{ix,k}$ – temperatūras faktors siltuma pārneses procesam temperatūras ietekmē no vienas telpas (i) uz citu telpu (x) caur ēkas elementu (k), pieļaujot starpību starp:

- telpas (x) temperatūru un ārējo aprēķina temperatūru,
- iekštelpu aprēķinu temperatūru un ēkas elementa (k) vidējo iekštelpu virsmu temperatūru;

f_1 – piegulošas telpas (x) temperatūras un projektējamās ārējās temperatūras starpības pielāgošana;

$f_1 = 1$, ja cita telpa (x) ir ārējais gaiss;

f_2 – telpas i projektējamās iekšējās temperatūras un būvelementa virsmas vidējās temperatūras starpības pielāgošana;

$f_2 = 0$, ja telpas augstums ir < 4 m; ja ≥ 4 m, tad $\theta_{int,k}^*$ atbilstoši standarta 12831-1 6.3.8.2. sadaļai.

$\theta_{in,i}$ – aplūkojamās apsildāmās telpas i projektētā iekšējā temperatūra, °C;

θ_x – piegulošas telpas (x) temperatūra (projekta dati vai atbilstoši standarta 12831-1 7. tabulai un nacionālā pielikuma vērtībām);

θ_e – projektējamā ārgaisa temperatūra, °C;

$\theta_{int,k}^*$ – būvelementa (k) iekšējās virsmas vidējā temperatūra, °C.

Transmisijas siltuma zudumu aprēķinā izmantoto korekcijas faktoru f lietošana ir galvenā atšķirīgā daļa visām siltuma zudumu aprēķina metodikām. Katrā metodikā izvēlas noteiktu koriģējošo koeficientu skaitu, kas, pēc katras metodikas autoru domām, visprecīzāk

Temperatūras koriģēšanas koeficients f_1 siltuma zudumiem caur blakus esošajām neapsildāmajām telpām, nacionālā pielikuma noklusējuma vērtības

Neapsildāma telpa		f_1	
Telpa vai blakus esošo telpu / platību grupa	1 ārsiena	0,4	
	2 ārsienas	bez ārdurvīm	0,5
		ar ārdurvīm	0,6
	3 un vairāk ārsienas; piemēram, ārējā (apsildāma) kāpņu telpa	0,8	
Pagrabs ^a	bez ārdurvīm/logiem	0,5	
	ar ārdurvīm/logiem	0,8	
Bēniņi	augsts ventilācijas līmenis telpas daļai zem jumta; piemēram, jumti ar pārtrauktiem pārklājumiem (dakstiņi u. c.) un bez blīvējošā slāņa	1,0	
	citi nesiltināti jumti	0,9	
	siltināti jumti	0,7	
Cirkulācijas zona	iekšēja telpa (bez ārsienām) ar zemu ventilācijas līmeni ($\leq 0,5 \text{ h}^{-1}$)	0,0	
	brīvi ventilējama telpa $\left(\frac{A_{atveruma}}{V} > 0,005 \cdot \left[\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \right] \right)$	1,0	
Grīda	pacelta (grīda virs grunts līmeņa)	0,8	

^a Telpu var uzskatīt par pagrabu, ja vairāk nekā 70 % no ārsienas platības saskaras ar grunti.

matemātiski apraksta notiekošos procesus. Lielākā daļa korekcijas koeficientu ir iegūti empīriski, balstoties uz statistiskiem mērījumu datiem par klimatu, meteoroloģiskajiem datiem, materiālu īpašībām dažādos ekspluatācijas apstākļos u. c., tāpēc atšķirīgos reģionos šie koeficienti var nebūt derīgi lietošanai. Inženierpraksē ir svarīgi izmantot pārbaudītas un atzītas metodes, spēt novērtēt katra korekcijas koeficienta lietošanas pamatotību un izvairīties no dažādu metožu korekcijas faktoru kombinācijām.

VENTILĀCIJAS SILTUMA ZUDUMI

Ventilācijas siltuma zudumi ir atkarīgi no ēkas konstrukciju gaisa caurlaidības (infiltrācijas) un svaiga gaisa pieplūdes apjoma. Ministru kabineta noteikumi Nr. 222 "Ēku energoefektivitātes aprēķina metodes un ēku energosertifikācijas noteikumi" nosaka, ka gandrīz nulles enerģijas ēkām energopatēriņa novērtējumā (bet ne siltumslodzes aprēķinam) jāpieņem, ka gaisa apmaiņas nosacījumi telpās, kad tajās uzturas

cilvēki, nav mazāki par III kategorijas līmeni saskaņā ar standarta LVS EN 16798-1:2019 prasībām, kas atbilst gaisa apmaiņai $0,5 \text{ h}^{-1}$.

Standarts LVS EN 12831-1 nosaka, ka noplūdes izraisīts infiltrācijas gaisa apmaiņas biežums aptuveni lēšams kā apmēram 10 % no n_{50} atkarībā no ēkas lieluma, ģeometrijas u. c. Pieņemot, ka tiek uzturēts nepieciešamais minimālais gaisa apmaiņas biežums $n_{\min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$, infiltrācijas ietekmi drīkst ignorēt, ja n_{50} ir ievērojami mazāks par 5 h^{-1} .

Ventilācijas gaisa apmaiņas rādītāju siltumslodzi nosaka saskaņā ar vienkāršoto metodi gadījumos, kad ēkām ir relatīvi zems gaisa caurlaidības koeficients (piemēram, $n_{50} < 3 \text{ h}^{-1}$) un tās nav aprīkotas ar mehānisko ventilāciju, un griestu augstums tajās nepārsniedz 3 m. Tas nozīmē, ka vienkāršotā metode pārsvarā attiecināma uz viengimenes māju jaunbūvēm. Atbilstoši standartam kopējā gaisa apmaiņa veido $0,5 \text{ h}^{-1}$. Zinot ēkas tilpumu un ārējo norobežojošo virsmu laukumu, n_{50} un q_{50} lielumus var savstarpēji salīdzināt, izmantojot formulu:

$$q_{env,50} = \frac{n_{50} \cdot V_{build}}{A_{env,build}}, \quad (14.)$$

kur

$q_{env,50}$ – gaisa caurlaidība, ja spiediena starpība ir 50 Pa, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;

n_{50} – gaisa apmaiņa, ja spiediena starpība ir 50 Pa, h^{-1} ;

V_{build} – ēkas iekšējais tilpums, m^3 ;

$A_{env,build}$ – ēkas ārējo norobežojošo konstrukciju laukums, m^2 .

Lai nodrošinātu dažādu ēku savstarpēju salīdzināmību, ēkas energopatēriņa novērtējumā ir ieteicams izmantot standartizētas vērtības. Savukārt siltumslodzes noteikšanai gaisa apmaiņas rādītāju ir ieteicams izvērtēt atbilstoši pasūtītāja vēlmēm un iecerēm. Dažos gadījumos nepieciešamā ārējais pieplūdes apjomu var ietekmēt telpas vai ēkas ekspluatācijas mērķi, piemēram, nepieciešamais gaisa daudzums kurināmā sadedzināšanai kamīnā vai cits tehniskajām vajadzībām nepieciešamais gaisa daudzums.

Projektējamās ventilācijas siltuma zudumu aprēķinam standartā ir paredzētas divas pieejas: vispārīgā un vienkāršotā. Vispārīgo pieeju izmanto izplatītāko ventilācijas koncepciju un sistēmu gadījumā, piemēram:

- dabiskā ventilācija un piespiedu ventilācija;
- sabalansēta un nesabalansēta ventilācija;
- papildu gaisa tilpuma plūsma (piemēram, degšanas gaiss);
- siltuma atgūšana u. c.

Turpmāk aplūkots vienkāršots ventilācijas siltuma zudumu aprēķins ar ierobežotiem ievadparametriem:

- zema gaisa apmaiņas intensitāte (piemēram, $n_{50} < 3 \text{ h}^{-1}$), ja spiedienu starpība ir 50 Pa;
- nav gaisa tilpuma plūsmas caur gaisa pārvades ierīci;
- nav pieplūdes/izplūdes gaisa tilpuma plūsmas, tehniskās gaisa tilpuma plūsmas, gaisa tilpuma plūsmas caur lielizmēra atverēm u. c.

Tādēļ vienkāršotā pieeja ir piemērota tikai salīdzinoši hermētiskām ēkām bez piespiedu mehāniskās ventilācijas (piemēram, jaunām dzīvojamām ēkām bez piespiedu ventilācijas).

Projektējamās apsildāmās ēkas ventilācijas siltuma zudumus nosaka atbilstoši formulai:

$$\Phi_{V,i} = \rho \cdot c_p \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (15.)$$

kur

$\Phi_{V,build/z/}$ – ēkas (build)/zonas (z)/telpas (i) ventilācijas siltuma zudumi, W;

ρ – gaisa blīvums, ja projektējamā iekšējā temperatūra $\theta_{int,i}$, kg/m^3 ;

c_p – gaisa īpatnējā siltumietilpība, ja projektējamā iekšējā temperatūra $\theta_{int,i}$, Wh/(kg·K);

$q_{v,min,i}$ – telpas (i) minimālā gaisa tilpuma plūsma saskaņā ar 16. formulu;

$\theta_{int,i}$ – apsildāmās telpas (i) projektējamā iekšējā temperatūra;

θ_e – projektējamā ārējā pieplūdes gaisa temperatūra.

Telpas minimālo gaisa tilpuma plūsmu $q_{v,min,i}$ aprēķina no minimālās gaisa apmaiņas intensitātes $n_{min,i}$:

$$q_{v,min,i} = n_{min,i} \cdot V_i, \quad (16.)$$

kur

$q_{v,min,i}$ – telpas (i) minimālā gaisa tilpuma plūsma, m^3/h ;

$n_{min,i}$ – telpas (i) minimālā gaisa apmaiņas intensitāte, h^{-1} ;

V_i – telpas (i) iekšējais tilpums (gaisa tilpums)balance, m^3 .

Detalizēta ventilācijas siltuma zudumu aprēķina pamatā ir visu gaisa plūsmu starp telpām un zonām balance, un tas iekļauj minimāli nepieciešamo svaiga gaisa pieplūdi, ārējā gaisa pieplūdi caur atvērumiem ēkas konstrukcijā, tehniskā gaisa pieplūdi (piemēram, degšanai), gaisa pārplūdes starp blakusesošām telpām. Šajā aprēķinā ņem vērā vairākus faktoros:

- ēkas un telpu orientāciju pret debespusēm, kas ietekmē infiltrāciju caur konstrukcijām atkarībā no vēja rozēs diagrammas un ēkas augstuma;
- ēkas gaisa caurlaidības parametrus;

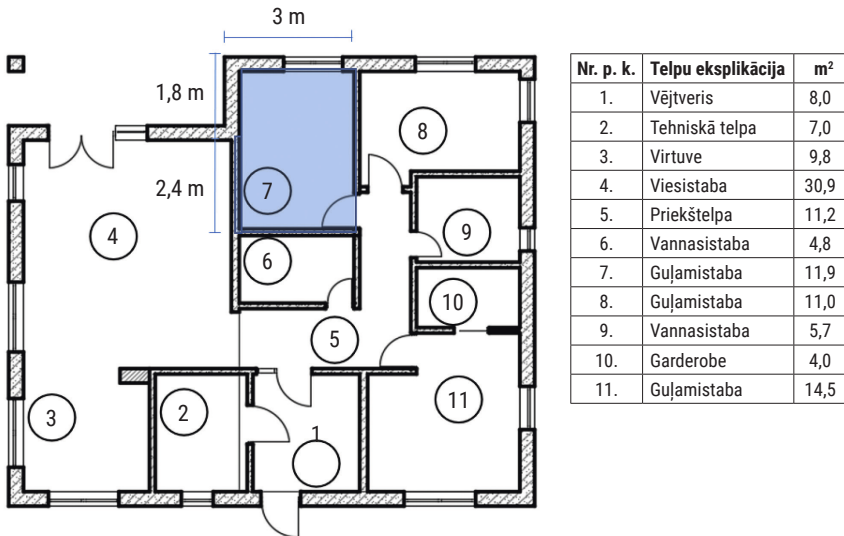
- lielo atvērumu un pieplūdes difuzoru atrašanās vietu un piesaisti konkrētām telpām;
- gaisa pieplūdes un nosūces sabalansētību un dažādu projektējamo temperatūru zonu/telpu savstarpējo ietekmi;
- nesabalansētas ventilācijas ietekmi uz infiltrācijas gaisa apjomu dažādu spiediena starpību rezultātā;
- pasīvas gaisa priekšsildīšanas ietekmi.

Detalizēto metodi izmanto ēkām ar sabalansētu pieplūdes/nosūces ventilāciju.

Aprēķina piemērs vienai istabai

Aprēķina piemērā apskatīta projektējamā vienstāva viengimenes mājas jaunbūve. Konstruktīvie risinājumi paredz monolīta dzelzsbetona pamatus ar siltinājumu, grīdas uz grunts, sienas no šūnu betona ar siltinājumu, koka bēniņu pārsegumu ar siltinājumu, neapkurināmus ventilējamus bēniņus.

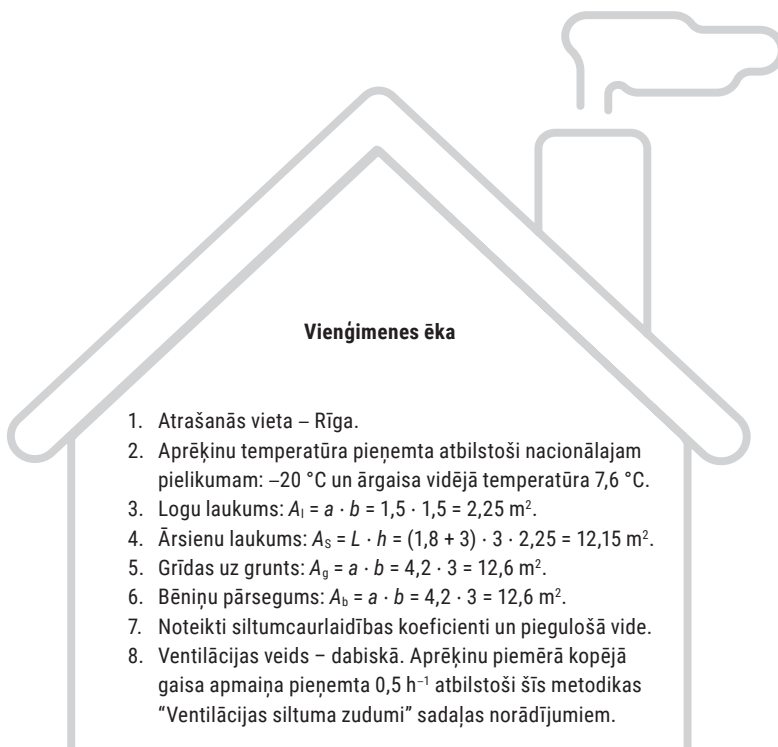
Atbilstoši ēkas tipam izvēlēta 1. standarta detalizētā siltumslodzes aprēķina metode. Aprēķins veikts telpai Nr. 7 atbilstoši standarta



5. attēls. Aprēķina piemēra ēkas plāns.

detalizētās metodes aprēķina secībai. Vienģimenes ēka ir pieņemta kā viena zona.

Apkārta telpai Nr. 7 visās telpās tiek uzturēta līdzīgi parametri: 20 °C un telpu gaisa temperatūru starpība nepārsniedz 4 °C.



Transmisiju siltuma zudumu aprēķins veikts, izmantojot 5. formulu. Aprēķina piemērā paliek spēkā zudumi tieši uz ārpusi caur sienām (a), uz ārpusi caur neapsildāmām telpām un blakustelpām (b) un uz grunti (c).

12. tabula

Ēkas ārējo norobežojošo konstrukciju siltumtehniekie parametri

Konstrukcija	U vērtības, W/(m ² · K)	Pieguloša vide
Sienas, šūnu betons ar siltinājumu	0,19	Āra gaiss
Siltināta grīda uz grunts	0,17	Grunts (redukcijas faktors pie U_{ekv})
Ventilējamo bēniņu siltināts pārsegums	0,1	Āra gaiss (ar redukcijas koeficientu)
PVC logi	1,08	Āra gaiss

- Zudumi tieši uz ārpusi caur sienām un logiem (7. formula):

$$H_{T,stenas} = A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} = 12,15 \cdot (0,19 + 0,05) \cdot 1 \cdot 1 = 2,92 \text{ W/K},$$

$$H_{T,logi} = 2,25 \cdot (1,08 + 0,05) \cdot 1 \cdot 1 = 2,54 \text{ W/K},$$

kur

$f_{U,k} = 1$ (U vērtība aprēķināta saskaņā ar LVS EN ISO 6946, kas ņem vērā meteoroloģisko apstākļu ietekmi);

$f_{ie,k} = f_1 + f_2$; $f_1 = 1$ (saskarē ar āra gaisu);

$f_2 = 0$ (telpu griestu augstums < 4 m).

- caur neapsildāmām telpām (neapsildāmi bēniņi/pagrabs, neapsildāms ziemas dārzs) siltuma zudumu aprēķinam pamatā izmanto 7. formulu, bet bez $f_{U,k}$ – ēkas daļas raksturlielumu un meteoroloģisko apstākļu korekcijas faktora un bez termisko tiltu ietekmes, jo nav paredzēta tik liela temperatūru starpība, kā ar āra gaisu. Ja ir sagaidāma liela temperatūru starpība, termiskos tiltus var ierēķināt analogiski kā iepriekšējā solī (siltuma zudumi tieši uz ārpusi). Labi ventilējamo bēniņu gadījumā termiskos tiltus ierēķina.

$$H_{T,iae} = A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{ie,k} = 12,6 \cdot (0,10 + 0,05) \cdot (1 + 0) = 1,89 \text{ W/K},$$

kur

f_1 – koeficients saskaņā ar nacionālā pielikuma NA.2.4. sadaļu

- Zudumi uz grunti (10. formula):

$$H_{T,ig} = f_{\theta,ann} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} = 1,45 \cdot 12,6 \cdot 0,05075 \cdot 0,31 \cdot 1 = 0,29 \text{ W/K},$$

kur

$f_{GW,k}$ – atbilstoši nacionālā pielikuma NA.2.3. sadaļai;

$$f_{ig,k} = f_1 + f_2; f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 7,6}{20 + 20} = 0,31; f_2 = 0$$

Ja elements atrodas saskarē ar grunti, θ_x pieņem kā gada vidējo ārējo temperatūru. $U_{equiv,k}$ aprēķinam izmanto LVS EN 12831-1 standarta E pielikumu.

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d, \quad (16.)$$

kur

$U_{equiv,k}$ – saskarē ar grunti esošas ēkas daļas (k) ekvivalentā U vērtība, $W/(m^2 \cdot K)$;

a, b, c, d, n – konkrētajām gadījumam specifiskie parametri, lai aprēķinātu $U_{equiv,k}$;

B' – grīdas plātnes ģeometriskie parametri saskaņā ar 17. formulu;

z – grīdas plātnes augšmalas dziļums zem grunts līmeņa, ja vērtība ir 0, kas nozīmē, ka nav pagraba sienu;

U_k – saskarē ar grunti esoša būvelementa k siltumcaurlaidība U saskaņā ar EN ISO 6946.

ΔU_{TB} – termisko tiltu kopējā papildu siltumcaurlaidība.

13. tabula

16. formulas koeficientu vērtības

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i> ₁	<i>c</i> ₂	<i>c</i> ₃	<i>n</i> ₁	<i>n</i> ₂	<i>n</i> ₃	<i>d</i>
Grīda	0,9671	-7,455	10,76	9,773	0,0265	0,5532	0,6027	-0,9296	-0,0203
Pagraba siena	0,93328	-2,1552	0 ^a	1,466	0,1006	0 ^a	0,45325	-1,0068	-0,0692

$$B' = \frac{A_G}{0,5 P}, \quad (17.)$$

kur

B' – grīdas plātnes ģeometriskie parametri. Visai ēkai aprēķināto B' vērtību izmanto telpām bez ārējām sienām un jebkurai telpai ar labi izolētām grīdām ($U \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Pārējos gadījumos izmanto individuāli aprēķinātu vērtību;

A_G – grīdas plātnes laukums, m^2 ;

P – ārējais perimetrs, kas ir orientēts pret neapsildāmo vidi, m .

$$\begin{aligned} U_{\text{equiv},k} &= \\ &= \frac{0,9671}{-7,455 + \left(10,76 + \frac{119}{0,5 \cdot 47}\right)^{0,5532} + (9,773 + 0)^{0,6027} + (0,0265 + 0,17 + 0,05)^{-0,9296}} - 0,0203 = \\ &= 0,05075 \end{aligned}$$

Kopējos transmisijas siltuma zudumus aprēķina, izmantojot 5. formulu:

$$\begin{aligned} \Phi_{T,i} &= H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = \\ &= ((2,92 + 2,54) + 0 + 1,89 + 0 + 0,29) \cdot (20 + 20) = 306 \text{ W}. \end{aligned}$$

Tad aprēķina ventilācijas siltuma zudumus. Aprēķinu piemērā kopējā, gaisa apmaiņa pieņemta $0,5 \text{ h}^{-1}$. Ventilācijas siltuma zudumus aprēķina, izmantojot 15. un 16. formulu.

$$\begin{aligned} \Phi_{V,i} &= \rho \cdot c_p \cdot n_{min,i} \cdot V_i \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = \\ &= 1,23 \cdot 0,278 \cdot 0,5 \cdot 12,6 \cdot 3 \cdot (20 + 20) = 257 \text{ W}. \end{aligned}$$

Kopējos siltuma zudumus aprēķina, izmantojot 4. formulu:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i} = 306 + 257 + 0 - 0 = 563 \text{ W}.$$

Telpas Nr. 7 kopējā apkures siltumslodze ir 563 W.

Aprēķina piemērs istabai ar nesabalansētu ventilāciju un gaisa pieplūdi no blakustelpas ar citu projektējamo temperatūru

Pieņemsim situāciju, ka ir mainījies telpu lietošanas veids un temperatūras režīmi. Tagad ēkā ir divas zonas. Ar oranžo krāsu ir apzīmēta zona, kas tiek izmantota kā garāža, un pasūtītājam ir vēlme uzturēt šajā zonā +10 °C (apvieno 3., 4. un 5. telpu). Savukārt pārējās telpās pieprasījums pēc iekštelpu temperatūras paliek nemainīgs. Apskatāmajā telpā Nr. 7 jānodrošina tie paši +20 °C, bet papildus tiks ierīkota nosūces ventilācija, kuras ražība būs 100 m³/h.

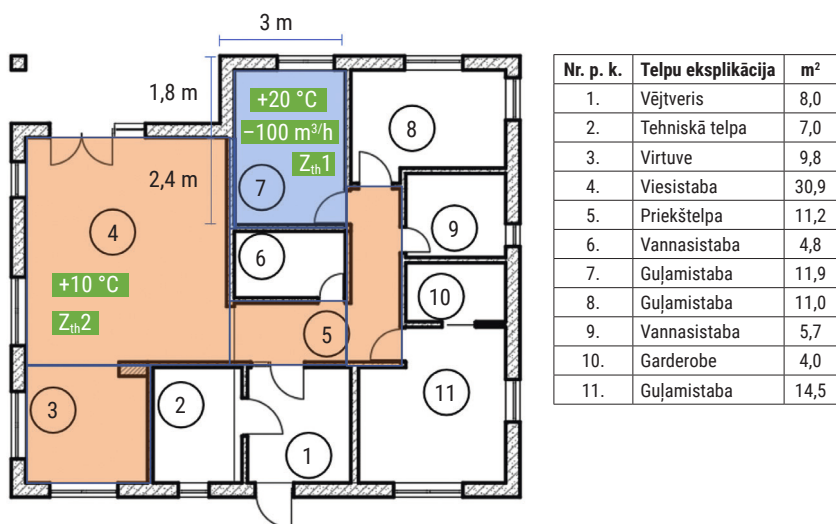
Kopējie transmisijas siltuma zudumi palielināsies par lielumu, kas rodas no telpas Nr. 7 uz telpu Nr. 4 caur 200 mm biezu starpsienu no šūnu betona $U = 0,46 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$. Šo lielumu aprēķina atbilstoši 6. formulai:

$$\Phi_{T,ia} = H_{T,ia}(\theta_{int,i} - \theta_e) = 0,828 \cdot (20 - 10) = 8,28 \text{ W}.$$

$H_{T,ia}$ aprēķina, izmantojot 9. formulu:

$$H_{T,ia} = \sum_i (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) = 2,4 \cdot 3 \cdot 0,46 \cdot 0,25 = 0,828 \text{ W/K},$$

$$f_{ia,k} = f_1 + f_2; \quad f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 10}{20 + 20} = 0,25; \quad f_2 = 0.$$



6. attēls. Aprēķina piemēra ēkas plāns (ar sadalījumu zonās).

Kopējie transmisijas zudumi tagad būs $\Phi_{T,i} + \Phi_{T,ia} = 306 + 8,28 = 314,3 \text{ W}$.

Tad aprēķina ventilācijas siltuma zudumus. Telpai Nr. 7 tagad ir gaisa pieplūde $100 \text{ m}^3/\text{h}$ ar temperatūru $+10 \text{ °C}$. Telpai, kuras platība ir $11,9 \text{ m}^2$, gaisa plūsma $100 \text{ m}^3/\text{h}$ nodrošina $8,4 \text{ h}^{-1}$ gaisa apmaiņu. Ventilācijas siltuma zudumus aprēķina, izmantojot 15. un 16. formulu:

$$\begin{aligned} \Phi_{V,i} &= \rho \cdot c_p \cdot n_{min,i} \cdot V_i \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = \\ &= 1,23 \cdot 0,278 \cdot 8,4 \cdot 11,9 \cdot 3 \cdot (20 - 10) = 1025,4 \text{ W}. \end{aligned}$$

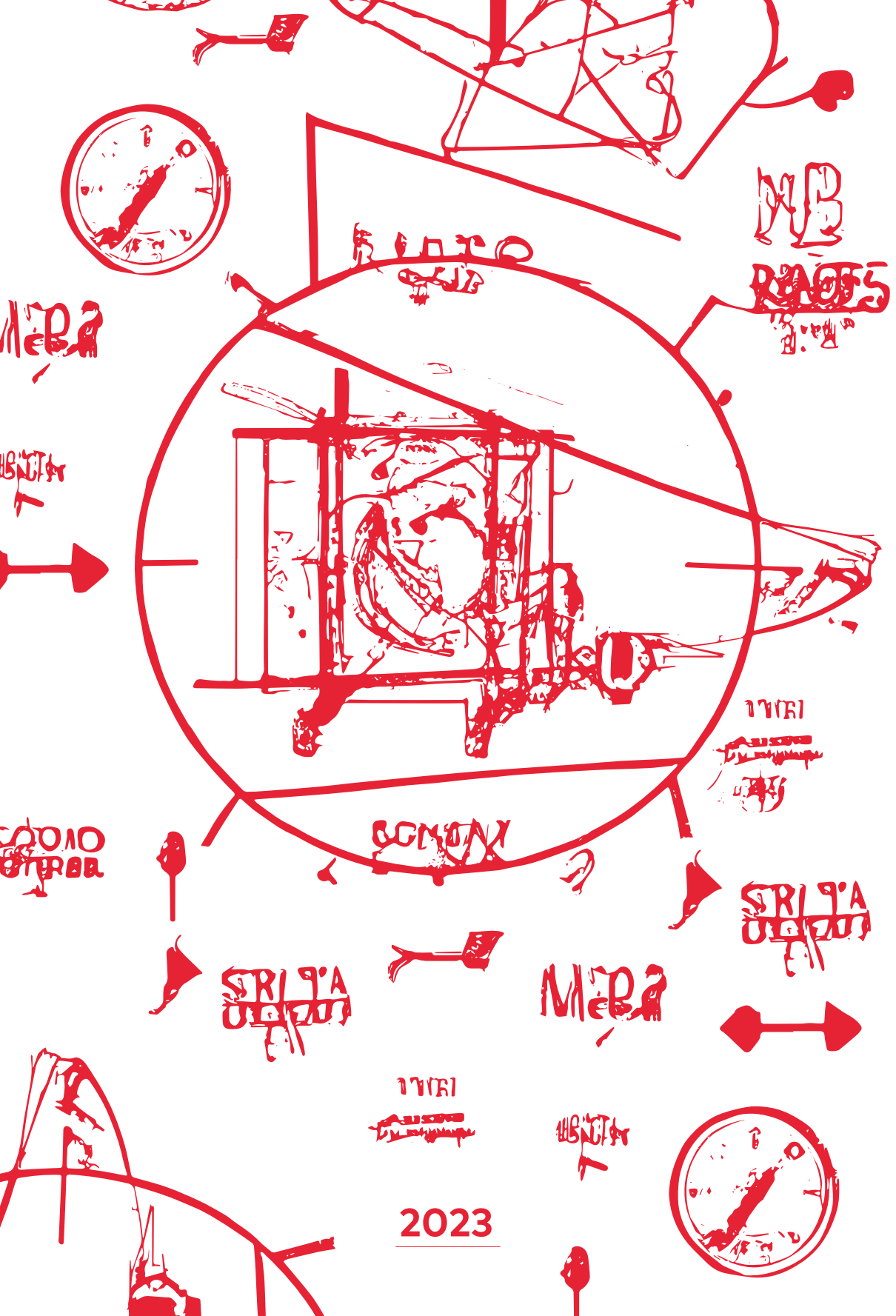
Kopējos siltuma zudumus aprēķina, izmantojot 4. formulu:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i} = 314,3 + 1025,4 + 0 - 0 = 1339,7 \text{ W}.$$

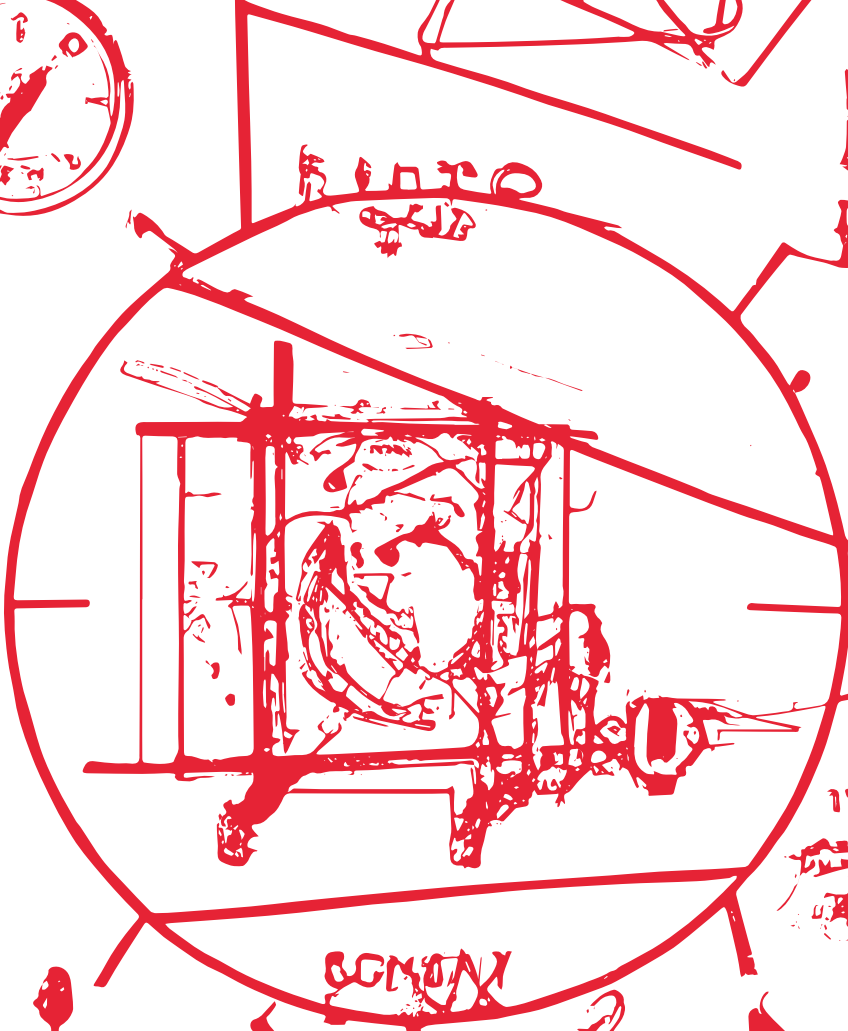
Tagad telpas Nr. 7 kopējā apkures siltumslodze ir $1339,7 \text{ W}$.

Literatūra

- P. Akmens, A. Krēsliņš "Ēku apkure un ventilācija. I daļa", Zvaigzne ABC, 1995, ISBN-5-405-01520-2.
- P. Akmens, A. Krēsliņš "Ēku apkure un ventilācija. II daļa", Zvaigzne ABC, 1995, ISBN-5-405-01519-9.
- LVS EN 12831-1 "Ēku energoefektivitāte. Siltumslodzes projektēšanas aprēķina metode. 1. daļa: Telpu siltumslodze. M3-3 modulis".
- Ministru kabineta 2019. gada 25. jūnija noteikumi Nr. 280 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-19 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika"
- Ministru kabineta 2019. gada 17. septembra noteikumi Nr. 432 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-19 "Būvklimatoloģija"
- Jeffrey D. Spitler "Load calculation applications manual". Second edition, SI edition, ASHRAE 2009, 2014 ASHRAE, ISBN 978-1-936504-76-3.
- ASHRAE CLIMATIC DESIGN CONDITIONS 2009/2013/2017, <http://ashrae-meteo.info/v2.0/index.php>.



MB
RAGS



MB

MB



MB

MB

MB

MB

MB

MB



MB

2023

MB

