



TALLINNA
TEHNIKA KÕRGKOO

Kristjan Mändmets, Alo Lifländer

**ENERGIAKULUDE JA
SISEKLIIMA MUUTUSTE
KIRJELDAMINE NING
KULUTÕHUSUSE
ARVUTAMINE HOONE A –
ENERGIAKLASSI
REKONSTRUEERIMISEL
KASUTADES VÄLISTARINDITE
SOOJUSTAMISEL
TEHASEELEMENTE**

LÕPUTÖÖ

Kristjan Mändmets, Alo Lifländer

**ENERGIAKULUDE JA SISEKLIIMA
MUUTUSTE KIRJELDAMINE NING
KULUTÕHUSUSE ARVUTAMINE
HOONE A – ENERGIAKLASSI
REKONSTRUEERIMISEL
KASUTADES VÄLISTARINDITE
SOOJUSTAMISEL
TEHASEELEMENTE**

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Hoonete ehituse õppekava

Juhendaja: Anti Hamburg

Tallinn 2023

Mina

Kristjan Mändmets

tõendan, et lõputöö on minu ja kaasautori kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autoritele ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (Anti Hamburg, */allkirjastatud digitaalselt/*)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Kristjan Mändmets

sünnikuupäev:

22.10.1990

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Energiakulude ja sisekliima muutuste kirjeldamine ning kulutõhususe arvutamine hoone A – energiaklassi rekonstrueerimisel kasutades välistarindite soojustamisel tehaseelemente“

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas,

/allkirjastatud digitaalselt/

Mina

Alo Lifländer

tõendan, et lõputöö on minu ja kaasautori kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autoritele ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (Anti Hamburg, /allkirjastatud digitaalselt/)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Alo Lifländer

sünnikuupäev:

22.01.1985

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Energiakulude ja sisekliima muutuste kirjeldamine ning kulutõhususe arvutamine hoone A – energiaklassi rekonstrueerimisel kasutades välistarindite soojustamisel tehaseelemente“

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas,

/allkirjastatud digitaalselt/

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

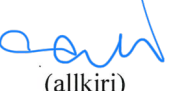
Lõpetaja: **Alo Lifländer; Kristjan Mändmets**
Õpperühm: KHE 2019
Eriala: Hoonete ehitus (1827)
Lõputöö teema: Energiakulude ja sisekliima muutuste kirjeldamine ning kulutõhususe arvutamine hoone A – energiaklassi rekonstrueerimisel kasutades välistarindite soojustamisel tehase elemente.

Lähteandmed töö koostamiseks: Akadeemia tee 22 eelprojekt, Akadeemia tee 6 ehitusprojekt.

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu: Töö sisu koosneb Akadeemia tee 22. kortermaja sisekliima monitoorimisest ja analüüsimisest, energiamärgise arvutamisest, energiasimulatsiooni teostamisest, tehase fassaadi soojustuselementide dimensioneerimisest, tehase katuse soojustuselementide ja paigalduse tehnoloogia välja töötamisest, ventilatsiooni süsteemi paiknemise lahendamisest. Eesmärgiks on selgitada välja kas kortermaja rekonstrueerimine tehaselementidega on tellijale kulutõhus arvestades 50% kredexi toetusega tehaselementidega rekonstrueerimise lahenduse puhul.

Lõputöö konsultandid:

Konsultandi nimi	Valdkond	Allkiri	Kuupäev

Lõputöö juhendaja:	Anti Hamburg (nimi)	 (allkiri)	27.02.2023 (kuupäev)
Lõpetaja:	Alo Lifländer (nimi)	 (allkiri)	27.02.2023 (kuupäev)
Lõpetaja:	Kristjan Mändmets (nimi)	 (allkiri)	27.02.2023 (kuupäev)
Kinnitaja:	Aivars Alt ehitusinstituudi direktor	 (allkiri)	27.02.2023 (kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 27.02.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2023

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	9
1 HOONE HETKEOLUKORD	10
1.1 Sisekliima uuringute eesmärk.....	10
1.2 Sisekliima uuringud Akadeemia tee 4	11
1.2.1. Korter 4	14
1.2.2. Korter 20	15
1.2.3. Korter 31	16
1.2.4. Korter 38	17
1.2.5. Korter 46	18
1.3 Sisekliima uuringud Akadeemia tee 22	19
1.3.1. Korter 9	22
1.3.2. Korter 21	22
1.3.3. Korter 22	24
1.3.4. Korter 33	25
1.3.5. Korter 69	26
1.3.6. Korter 79	27
1.3.7. Kelder	28
1.3.8. Termograafia	28
1.4 Akende seisukord	29
1.5 Hoonete kaalutud energiakasutus	29
1.6 Akadeemia tee 4 kaalutud energia arvutus	29
1.7 Akadeemia tee kortermajade keskmised KEK väärtused.....	33
2 SOOJUSLÄBIVUSE ARVUTUSTULEMUSED	35
2.1 Kütmata keldri lagi	35
2.2 Välissein	37
2.3 Katuslagi	41
2.4 Joonsoojusläbivused	42
3 DÜNAAMILISE SOOJUSLEVI ARVUTAMISE TULEMUSED	44
3.1 Soojustamata tarindid	45
3.2 Soojustatud tarindid variant 1	45
3.3 Soojustatud tarindid variant 2	46

3.3.1.	Soojustatud tarindi variant 2.1	47
3.4	Soojustatud tarindi variant 3.....	47
3.4.1.	Soojustatud tarindi variant 3.1	48
3.5	Dünaamilise soojuslevi arvutustulemused, ETA+KEK väärtused.....	49
4	PAKUTUD REKONSTUEERIMISLAHENDUSTE MAKSUMUS	50
5	TEHNOSÜSTEEMID	54
5.1	Küte	54
5.2	Ventilatsioon.....	54
5.3	Vesi ja kanalisatsioon	56
5.4	Möödistused.....	57
6	PÄIKESEPANEELID	59
6.1	Päikesepaneelide poolt toodetud aastase elektrienergia arvutus	59
6.2	Paneelide paigaldus katusele	60
6.3	Paneelide paigaldus fassaadile.....	60
7	REKONSTRUEERIMISE LAHENDUSE KULUEFEKTIIVSUS	64
	KOKKUVÕTE.....	68
	SUMMARY	70
	VIIDATUD ALLIKAD.....	72
	LISADE LOETELU.....	74
	Lisa 1. Akadeemia tee 4 kortermaja energiatarbimise andmed aastast 2019.....	75
	Lisa 2. Soojustamata hoone energiamärgise lähteandmed.....	76
	Lisa 3. Soojustamata hoone energiamärgise tulemused.....	77
	Lisa 4. Versioon 1 energiamärgise lähteandmed	78
	Lisa 5. Versioon 1 energiamärgise tulemused	79
	Lisa 6. Versioon 1 tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat	80
	Lisa 7. Versioon 2.1 energiamärgise lähteandmed	81
	Lisa 8. Versioon 2.1 energiamärgise tulemused	82
	Lisa 9. Versioon 2.1 tulemused kasutades KEK väärtusi	83
	Lisa 10. Versioon 3 energiamärgise lähteandmed	84
	Lisa 11. Versioon 3 energiamärgise tulemused	85
	Lisa 12. Versioon 3 tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat	86
	Lisa 13. Versioon 3.1 koos keldri põranda soojustamisega tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat.....	87
	Lisa 14. Soojuskadude võrdlustabel.....	88

Lisa 15. Netoenergia ja ETA energiakulu	89
Lisa 16. Ehituseelarvete tabel [24] [25] [26] [27]	90
Lisa 17. Termografeerimise foto korterist 9.....	110
Lisa 18. Termografeerimise foto korterist 21.....	111
Lisa 19. Termografeerimise foto korterist 69.....	112

SISSEJUHATUS

Energiatõhususe ja sisekliima kvaliteedi parandamine hoonetes on tänapäeval olulisel kohal, kuna need kaks aspekti mängivad suurt rolli keskkonnasäästlikkuse ja elanike elukvaliteedi tagamisel. Hoone rekonstrueerimisel A-energiaklassi, kasutades välispiirete soojustamisel tehaseelemente, on võimalik märkimisväärselt kaasa aidata ehitussektori energiatõhususe ja keskkonnasõbralikkuse parandamisele. Käesolev lõputöö uurib seda teemat põhjalikult, keskendudes Tallinnas Akadeemia teel asuvalle neljale korterelamu hetkeolukorrale, sisekliima parameetritele ning energiakasutusele.

Tehaseelementidega soojustamise populaarsus ehitusel on kasvutrendis, kuna see pakub mitmeid eeliseid võrreldes kohapeal teostatava soojustamisega. Ehitusinsenerid on huvitatud uute tehnoloogiate ja lahenduste kasutuselevõtust, mis aitavad kaasa ehitiste energiatõhususe parandamisele ning sisekliima optimeerimisele. Lõputöö käigus käsitletakse erinevaid tehaseelementidel põhinevaid soojustamislahendusi, analüüsides nende soojuslähivuse arvutustulemusi ning mõju energiakasutusele ja sisekliimale.

Lõputöö autorite eesmärk on analüüsida rekonstrueerimise vajadust ning töötada välja näidispakettide valim koos arvutatud energiatõhususearvuga (ETA). Selle käigus tehakse kindlaks nii tehaseelementidega kui ka kohapealse piirete soojustamise ehitusmaksumus, et hinnata erinevate lahenduste kulutõhusust. Energiakulude optimeerimiseks ning sisekliima parandamiseks on hädavajalik kaasaegsete kütte-, ventilatsiooni-, vee- ja kanalisatsioonisüsteemide kasutamine ning nende süsteemide õige seadistamine. Antud töö käsitleb tehnosüsteemide toimimist ja rolli energiatarbimise vähendamisel. Lisaks vaadeldakse töös päikesepaneelide paigaldamise võimalusi katustele ja fassaadidele, analüüsides nende mõju energiakuludele. Töö oluliseks osaks on kuluefektiivsuse arvutamine, võrreldes praeguseid energia kulusid, tuleviku energia kulusid, tekkivat säästu ja ehitusmaksumust.

Töö tulemused aitavad paremini mõista hoone A-energiaklassi rekonstrueerimise eeliseid ning pakuvad praktilisi lahendusi energiatõhususe ja sisekliima parandamiseks projekteerijatele, ehitajatele, hoone kasutajatele ja teistele huvitatud osapooltele. Samuti aitab paremini mõista rekonstrueerimise protsessi ja selle mõju energiakuludele, sisekliimale ning keskkonnale tervikuna. Töö tulemused toetavad olemasolevate hoonete renoveerimist ning uute energiatõhusate lahenduste väljatöötamist ja rakendamist, aidates seeläbi kaasa keskkonnasäästlikkusele ja inimeste elukvaliteedi parandamisele.

1 HOONE HETKEOLUKORD

Hoone renoveerimise protsessis on oluline mõista ehitise hetkeolukorda, et teha otsuseid, millised meetmed on vajalikud selle seisundi parandamiseks ja energiatarbe vähendamiseks. Üks oluline aspekt seisundi hindamisel on sisekliima parameetrid, kuna halb sisekliima võib mõjutada nii hoone energiatõhusust ja konstruktsioonide püsimist kui ka inimeste tervist ja heaolu.

Sisekliima uuringute andmete põhjal saab hinnata hoone hetkeolukorda ning selgitada välja võimalikud probleemid. Uuringute tulemustest selgub, kuidas temperatuur, õhuniiskus, õhuvahetus ja muud sisekliima parameetrid vastavad kehtivatele normidele ja standarditele.

Sisekliima uuringute põhjal saadud andmed aitavad määrata hoone renoveerimise prioriteete ja vajalikke meetmeid, nagu ventilatsiooni parandamine, soojustus, akende ja uste vahetus jne. Seega on hoone renoveerimisel hetkeolukorra kirjeldamine sisekliima uuringute andmete põhjal oluline osa tõhusa ja jätkusuutliku renoveerimisprotsessi läbiviimisel. Sisekliima uuringute raames teostatakse ka termopildistamisi, et visualiseerida soojuse lekete ja külmasildade paiknemist. Termopildistamine võimaldab tuvastada hoone sisemiste ja välimiste pindade temperatuuride erinevusi, mis omakorda aitab hinnata hoone soojusisolatsiooni taset, kondensatsiooni või hallituse tekkimise riski ning identifitseerida potentsiaalseid külmasildasid. Hoone seisukorra adekvaatseks hindamiseks ja renoveerimistööde korrektseks planeerimiseks on sisekliima analüüs ja termograafia hädavajalikud tööriistad.

1.1 Sisekliima uuringute eesmärk

Sisekliima uuringute raames soovitakse hinnata korterite hetkeolukorda. Mõõdetava süsihappegaasi (CO₂) ja õhuniiskuse tulemused annavad ülevaate olemasoleva ventilatsioonisüsteemi toimimisest. CO₂ piirnормi ei ole Eestis kehtestatud, on vaid soovituslikud suurused. Soovituslik CO₂ konsentratsiooni koolides on kuni 1000 ppm, teise sisekliima klassi kuuluvate hoonetel (eluhoonetel) 500 ppm rohkem kui välisõhus, kus reeglina on CO₂ konsentratsioon 300-400 ppm. Termograferimise tulemuste põhjal on võimalik selgitada arvutustega välja, kas hoones on hallituse tekkimise oht. Hallituse ohu selgitamisel on vajalik leida esmalt temperatuuriindeks. Kuna eluruumid liigitatakse niiskusklassi 2 (eluhooned), siis vastavalt standardile EVS-EN ISO 13788 2012 tohib sellises keskkonnas olla temperatuuriindeks uutel hoonetel minimaalselt 0,8 ning enne aastat 2000 ehitatud hoonetel 0,65. Aknaraamile veeauru kondenseerumise vältimiseks ei tohi

temperatuuriindeks olla madalam kui 0,55. Vastavalt standardile EVS-EN ISO 13788 2012 arvutatakse ruumide temperatuuriindeks valemiga (1) [1].

$$f_{Rsi} = \frac{Q_{si} - Q_e}{Q_i - Q_e}, \quad (1)$$

kus Q_{si} — sisepinna temperatuur, °C;

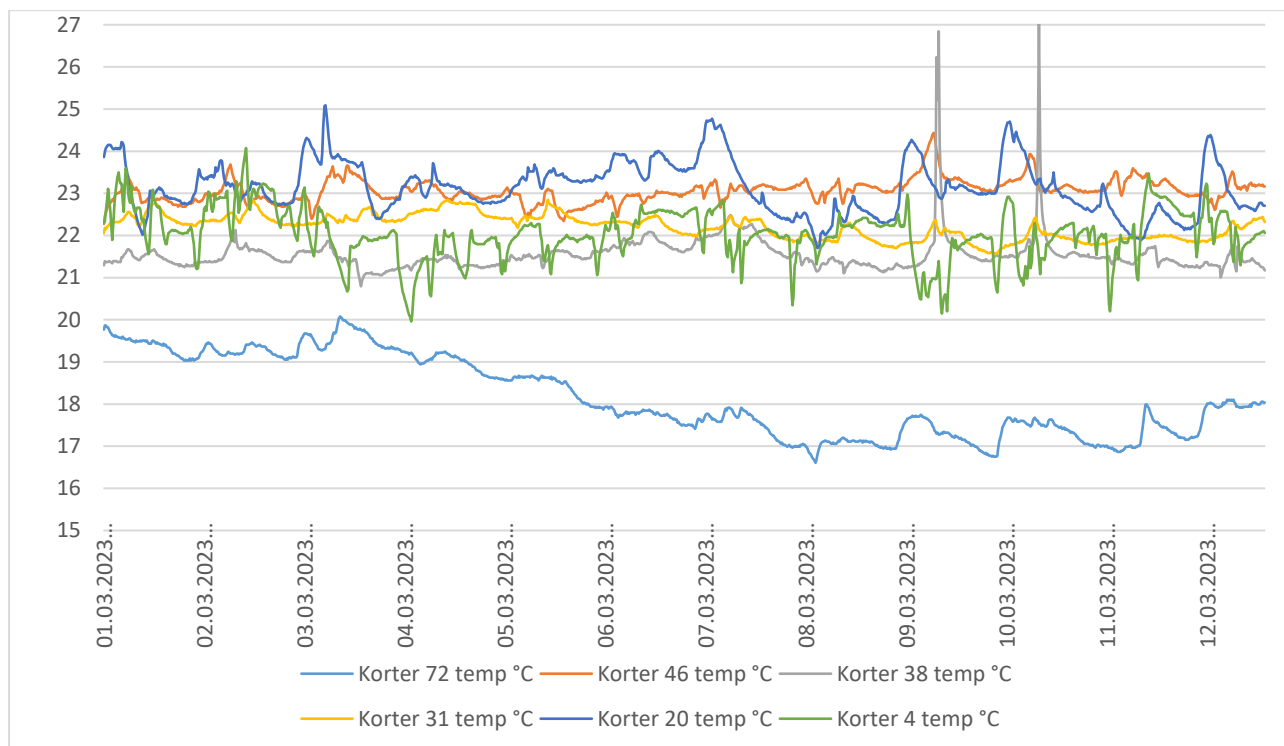
Q_e — välisõhu temperatuur, °C;

Q_i — pinna operatiivtemperatuur, °C.

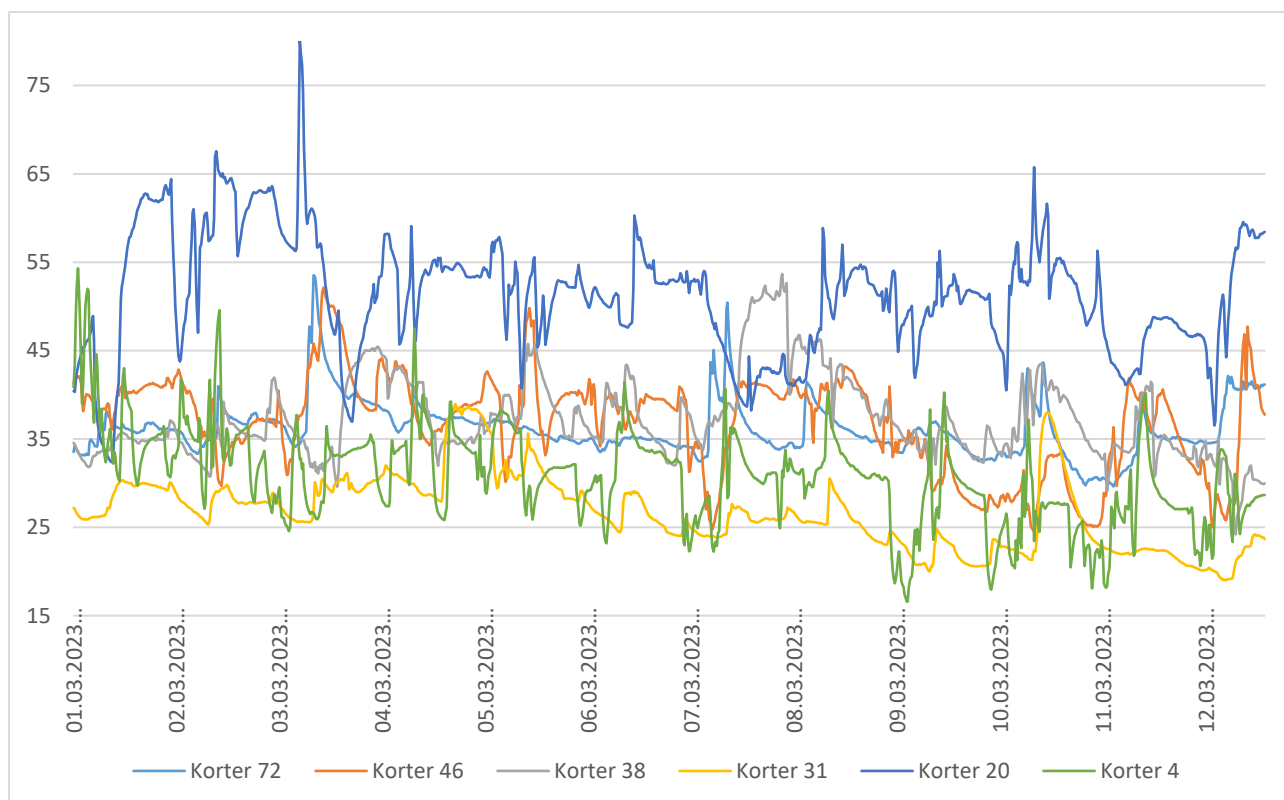
Q_i - operatiivtemperatuur kirjeldab õhutemperatuuri ja pindade kiirgustemperatuuride koosmõju. Operatiivtemperatuuri võib arvutada nende kahe aritmeetilise keskmisena või uute hoonete puhul võib kütteperioodil võtta selleks suuruseks +21 °C [1].

1.2 Sisekliima uuringud Akadeemia tee 4

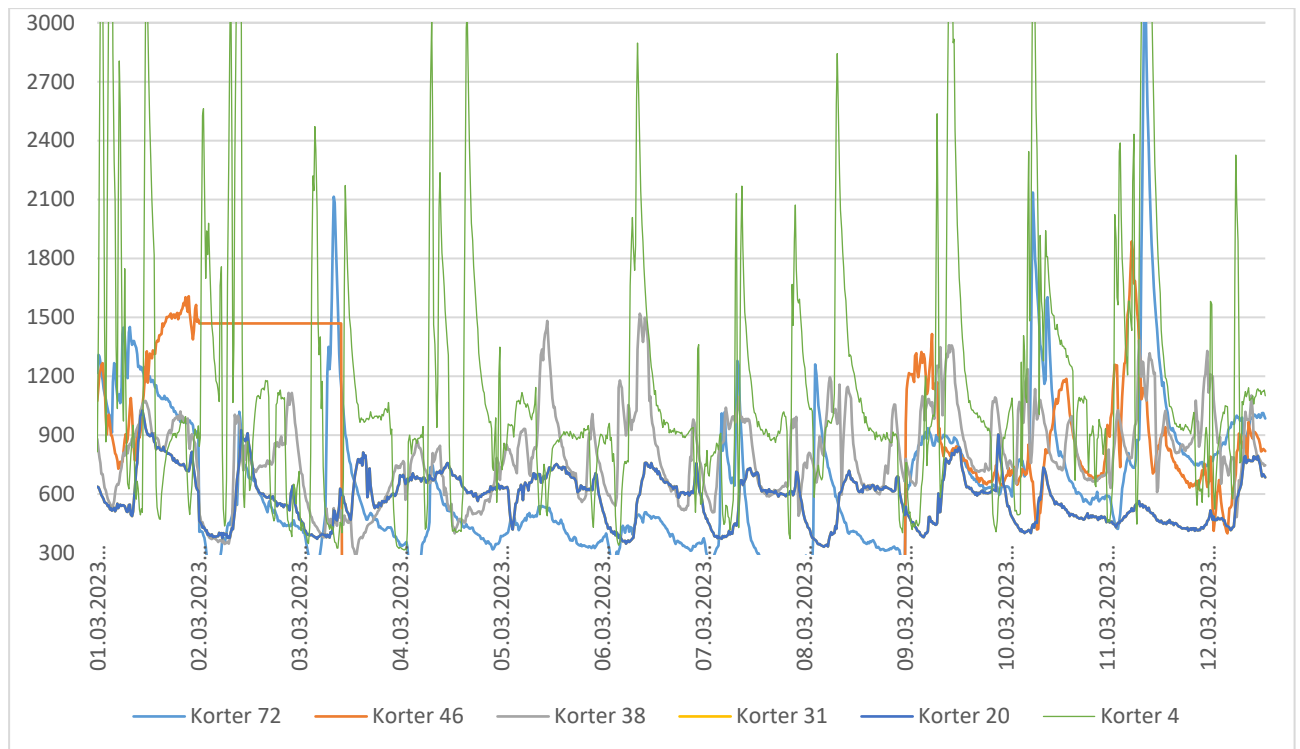
Akadeemia tee 4 kortermajas paigaldati sisekliima analüüsimiseks mõõteandurid “Onset Hobo MX1102A” (Foto 1). Mõõteandurid salvestasid 12 ööpäeva jooksul iga 15 minuti keskmise õhutemperatuuri, CO₂ taseme ning õhuniiskuse koguse. Andurid paigaldati eemale otsesest päikese kiirgusest, tuuletõmbusest ja inimeste väljahingatavast õhuvoolest (Foto 2). Andurid paigaldati 01.03.2023 korteritesse 4, 20, 31, 38 ja 46 ning graafikutes mõõteperiood lõppeb 12.03.2023. Lisaks korteritele paigaldati üks andur ka keldrisse. Mõõteperioodil oli minimaalne välisõhutemperatuur -10 °C ja maksimaalne õhutemperatuur +9,7 °C [2]. Kortermaja mõõtetulemused on leitavad Joonis 1, Joonis 2 ja Joonis 3.



Joonis 1. Akadeemia tee 4 korterite temperatuur (°C)



Joonis 2. Akadeemia tee 4 korterite suhteline õhuniiskus (RH%)



Joonis 3. Akadeemia tee 4 korterite Co2 tase (PPM)



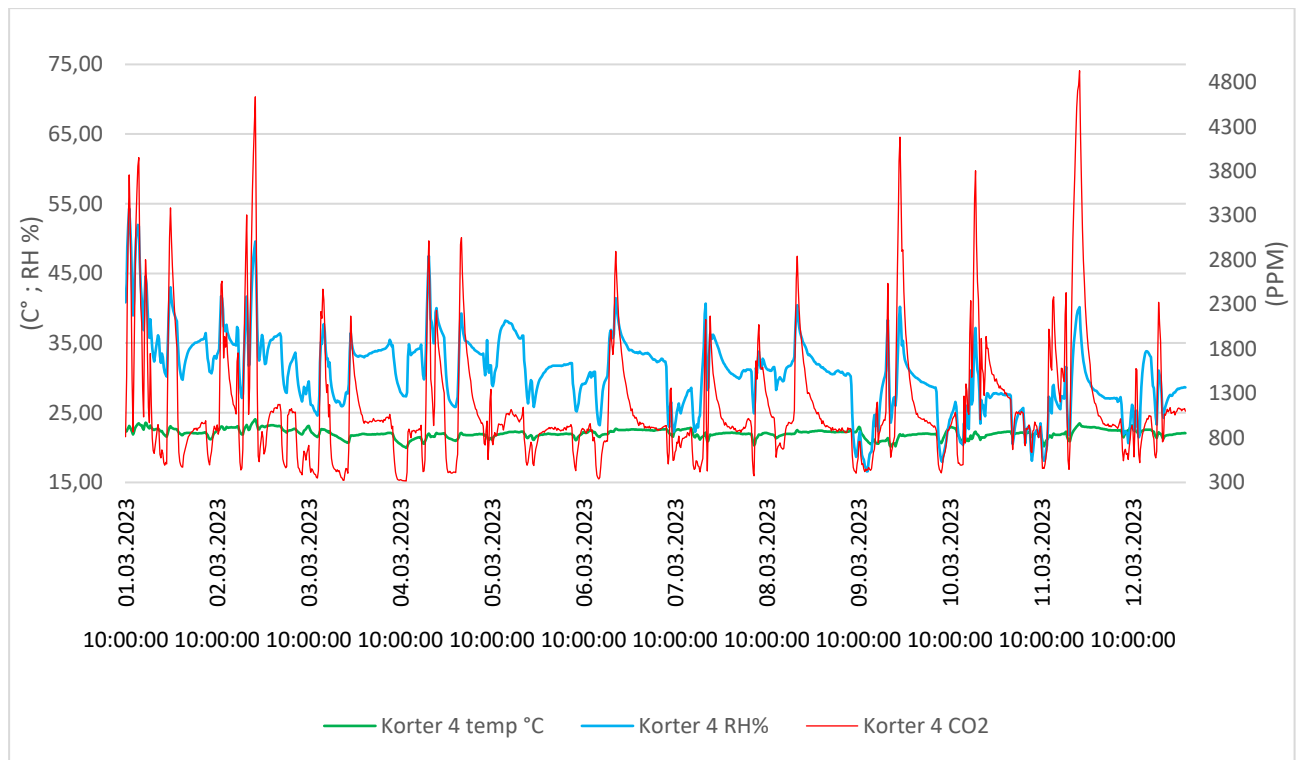
Foto 1. Sisekliima mõõteandur „Onset Hobo“.



Foto 2. Paigaldatud mõõteandur.

1.2.1. Korter 4

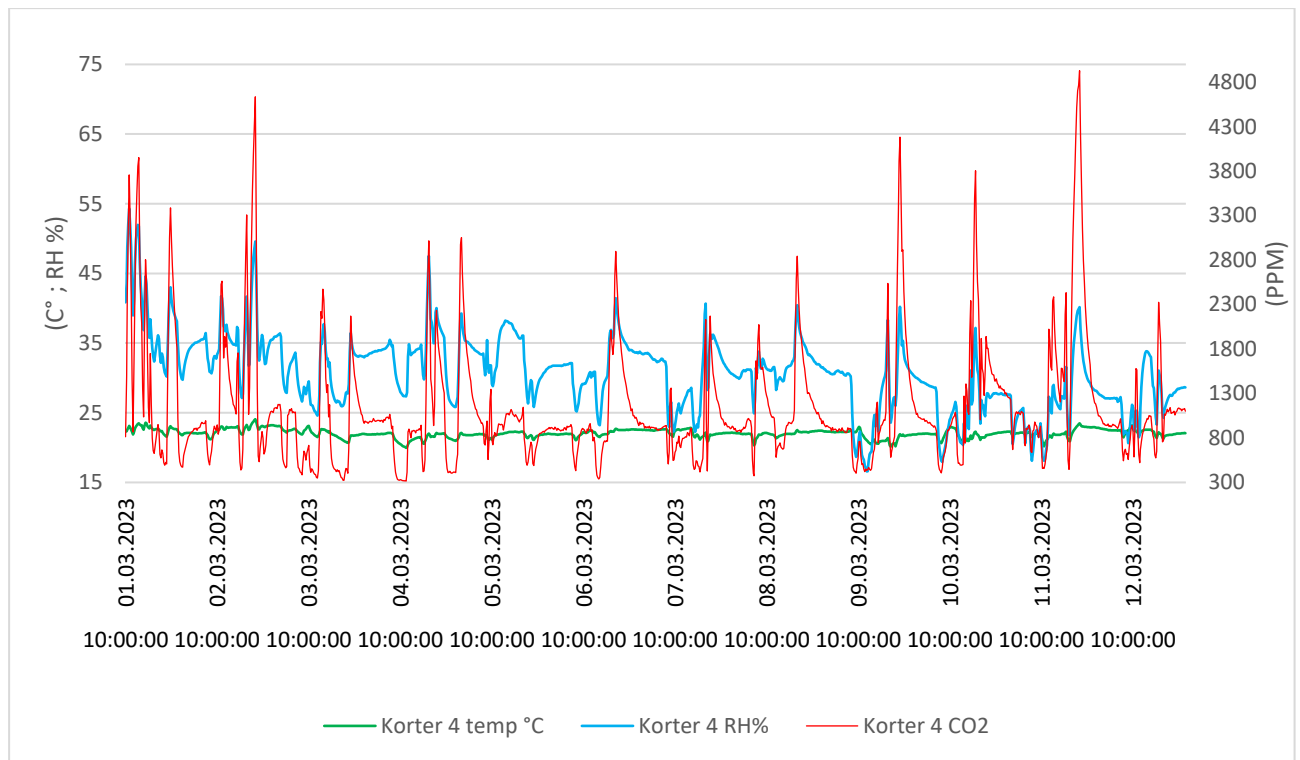
Tegemist on esimesel korrusel paikneva ühetoalise korteriga, kus elab püsivalt üks inimene. Korter paikneb hoone keskel, idapoolsel küljel. CO₂ tase kõigub korteris 4900 ja 350 ppm/m³ vahel. Mõõteperioodi CO₂ keskmine väärtus oli 1100 ppm/m³, keskmine õhuniiskus 32% ja keskmine õhutemperatuur 22 °C. Öötundidel ületas CO₂ tihti taseme 1100 ppm/m³. Väheintensiivsetel perioodidel jäi CO₂ tase vahemikku 350-700 ppm/m³, samal ajal õhuniiskus püsis vahemikus 30-35%. Intensiivsetel perioodidel oli CO₂ tase 2500 ppm/m³ juures ning õhuniiskus tõusis vahemikku 40-50%. Minimaalne õhutemperatuur oli 20 °C ja maksimaalne õhutemperatuur oli 24,1 °C. Minimaalne õhuniiskus oli 16,6% ja maksimaalne õhuniiskus oli 54,3% (Joonis 4). Madalaimad CO₂ tasemed jäid kellaaajaliselt lõunaperioodidele.



Joonis 4. Korter 4 sisekliima mõõtetulemused

1.2.2. Korter 20

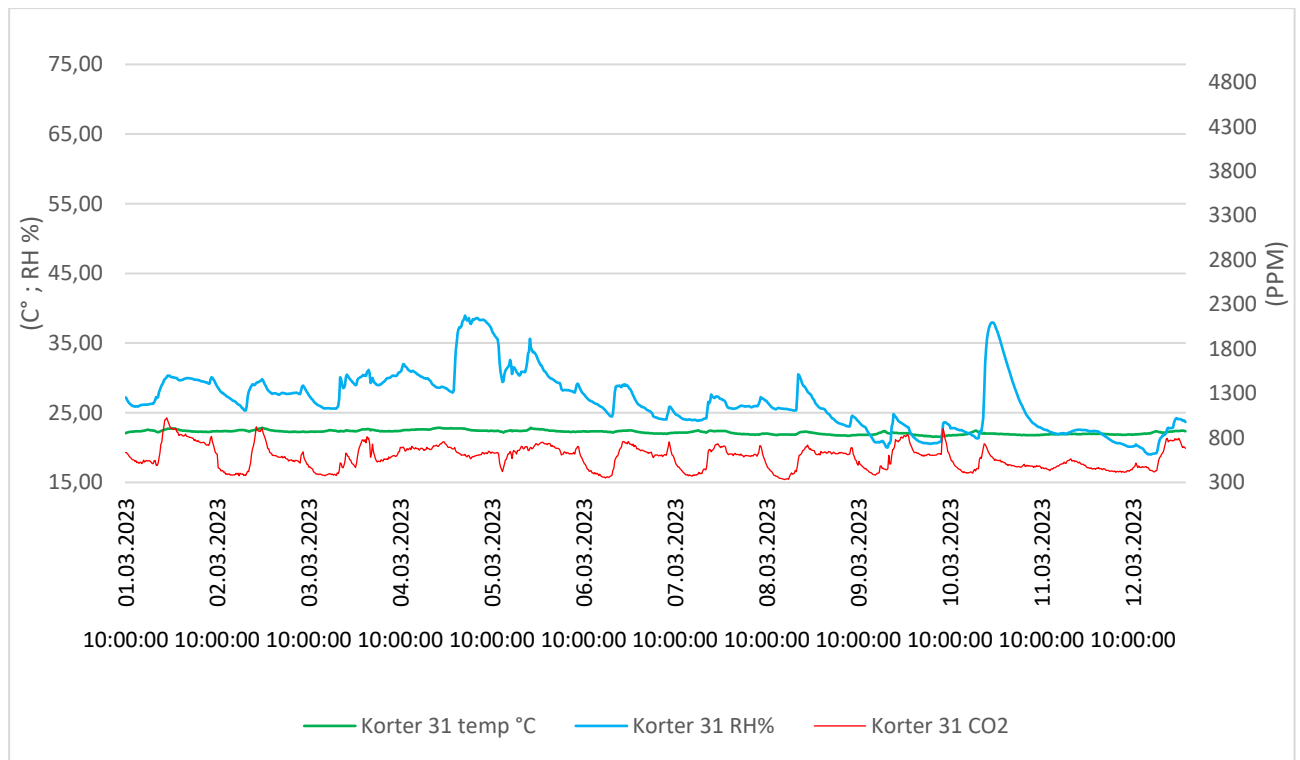
Tegemist on viiendal korrusel paikneva ühetoalise korteriga, kus elab püsivalt kaks täiskasvanut ja kaks last. Korter paikneb hoone ida-lõunapoolses nurgas. Korteril mõõteperioodi keskmine CO_2 väärtus oli $1908 \text{ ppm}/\text{m}^3$, keskmine õhuniiskus 52% ja keskmine õhutemperatuur $23,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Öötundidel ületas CO_2 tase tihti väärtuse $2000 \text{ ppm}/\text{m}^3$, õhuniiskuse kõikumine oli 40-60%-ni. CO_2 tase oli alla $1000 \text{ ppm}/\text{m}^3$ vähem kui 9% mõõteperioodist. Minimaalne õhutemperatuur oli $21,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ja maksimaalne õhutemperatuur oli $25,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Minimaalne õhuniiskus oli 32% ja maksimaalne õhuniiskus oli 80% (Joonis 5). Korteris hoitakse pigem aknaid suletuna, mida ilmestavad CO_2 taseme väga kiired tõusud.



Joonis 5. Korter 20 sisekliima mõõtetulemused

1.2.3. Korter 31

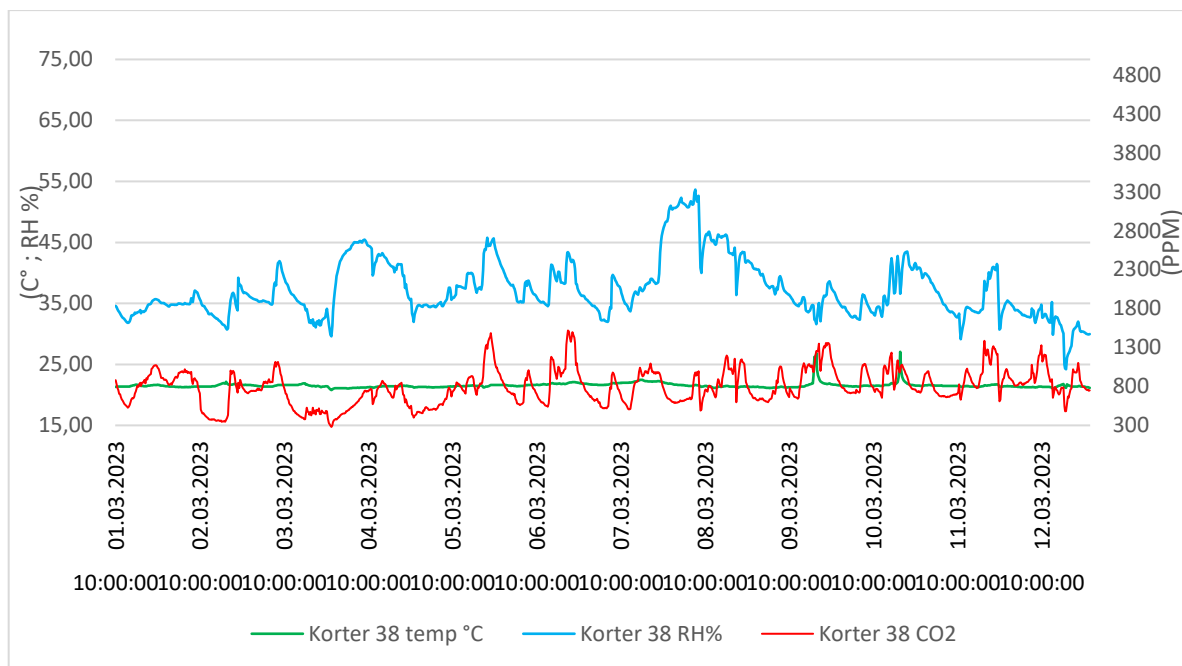
Tegemist on kolmandal korrusel paikneva ühetoalise korteriga, kus elab püsivalt üks täiskasvanu. Korter paikneb hoone keskel, läänepoolsel küljel. Korterite mõõteperioodi keskmine CO_2 väärtus oli 643 ppm/m^3 , keskmine õhuniiskus 28% ja keskmine õhutemperatuur $22,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Korteris olid väga stabiilsed näitajad – CO_2 tase tõusis üle 1000 ppm/m^3 väga harva, õhuniiskus püsis 30% ümber. Väga raske on eristada CO_2 kontsentratsiooni kirjeldavaid intensiivseid ja väheintensiivseid perioode. Minimaalne õhutemperatuur oli $21,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ja maksimaalne õhutemperatuur oli $24,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Minimaalne õhuniiskus oli 19% ja maksimaalne õhuniiskus oli 44,8% (Joonis 6). Madalaimad CO_2 tasemed jäid lõunaperioodide juurde. Andurite paigalduse ajal olid korteri aknad tuulutusasendis.



Joonis 6. Korter 31 sisekliima mõõtetulemused

1.2.4. Korter 38

Tegemist on viiendal korrusel paikneva kolmetoalise korteriga, kus elab püsivalt kaks täiskasvanut. Korter paikneb hoone keskel, läänepoolsel küljel. Korterite mõõteperioodi keskmine CO₂ väärtus oli 803 ppm/m³, keskmine õhuniiskus 38% ja keskmine õhutemperatuur 21,6 °C. Öö perioodidel langes CO₂ tase alla 700 ppm/m³. Üle 1200 ppm/m³ tõusis CO₂ tase pigem harva. Õhutemperatuur oli väga stabiilne püses pidevalt 21,5 °C juures. Õhuniiskuse kõikumised jäid vahemikku 30-50%. Minimaalne õhutemperatuur oli 20,8 °C ja maksimaalne õhutemperatuur oli 27,1 °C (Joonis 7). Maksimaalsed temperatuuri tõusud toimusid väga kiiresti, 30 minuti jooksul tõusis korteri temperatuur üle 4 °C. Maksimaalsed õhutemperatuurid olid korteris peale kellaaega 17.00, mistõttu võib eeldada, et mustal taustal paiknevale andurile mõjus aknast saabuv päikese poolt põhjustatud vabasoojus (Foto 3). Minimaalne õhuniiskus oli 24% ja maksimaalne õhuniiskus oli 54%.



Joonis 7. Korter 38 sisekliima mõõtetulemused

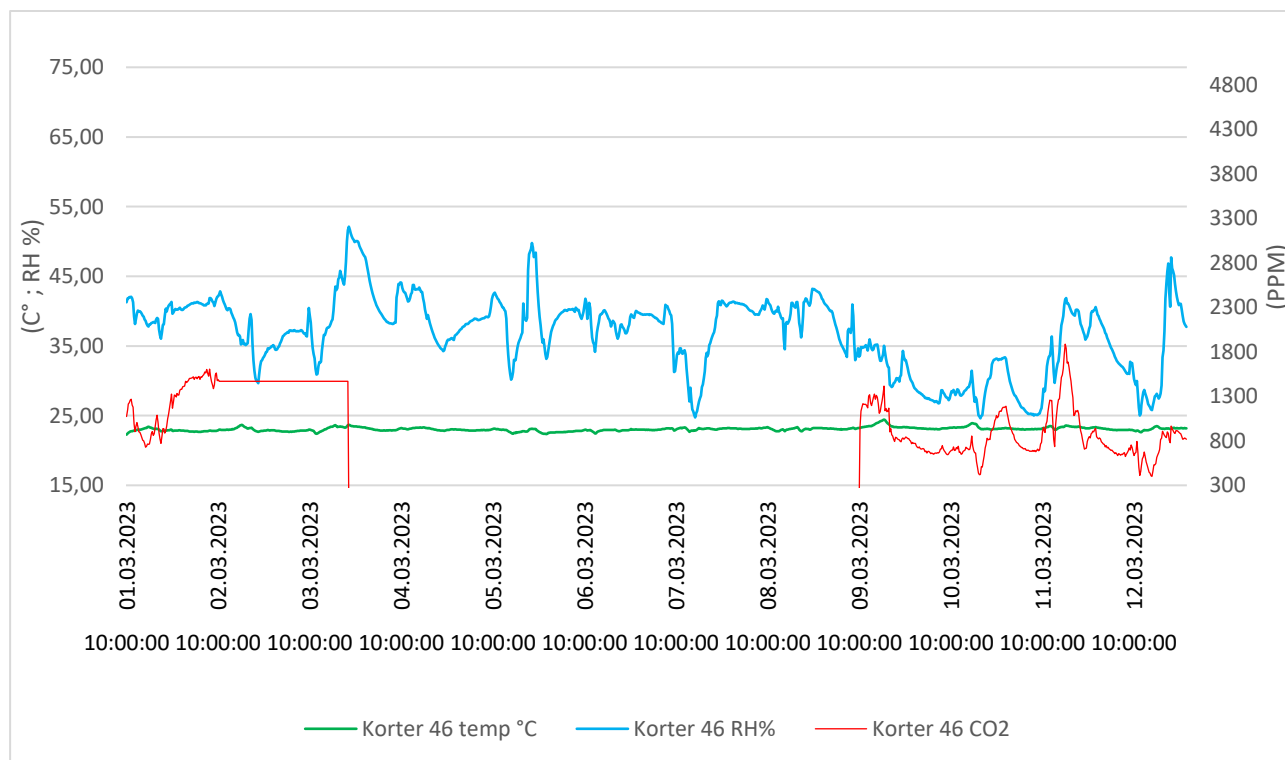


Foto 3. Läänesuunaline õhtune päike

1.2.5. Korter 46

Tegemist on teisel korrusel paikneva kolmetoalise korteriga, kus elab püsivalt kaks täiskasvanut ja üks laps. Korter paikneb hoone keskel, läänepoolsel küljel. Korterite mõõteperioodi keskmine CO₂

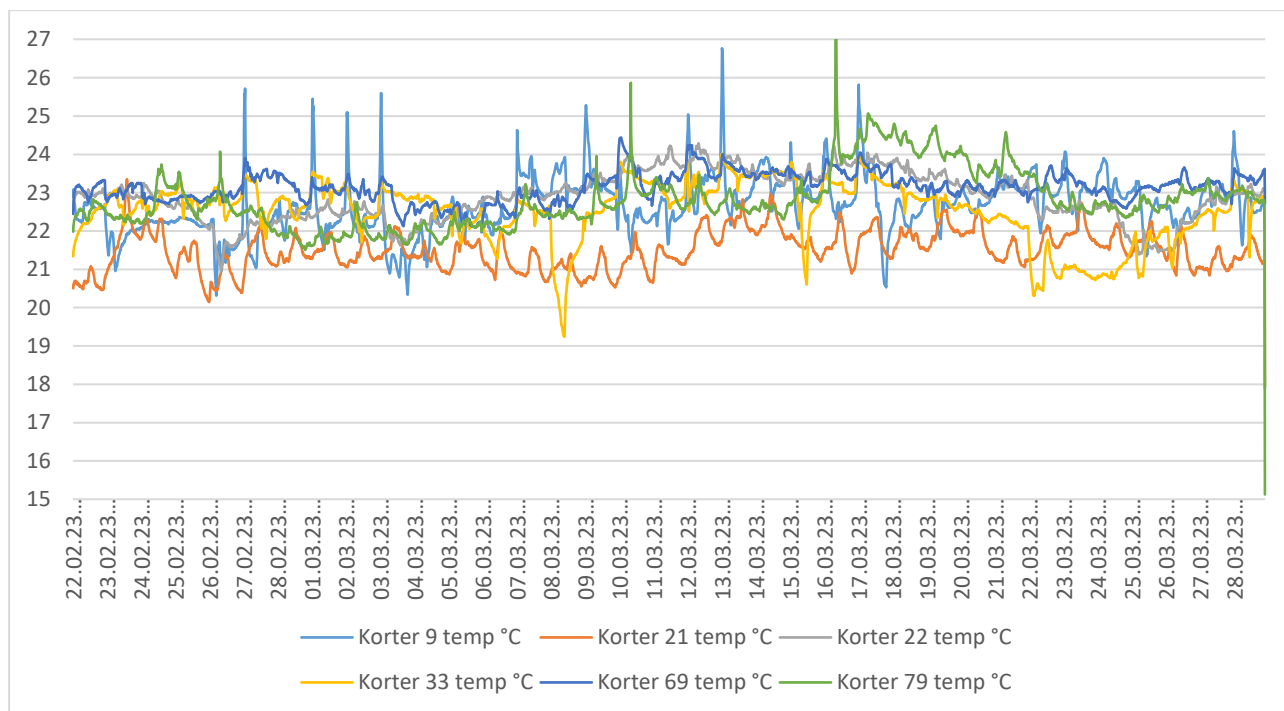
väärtus oli 903 ppm/m³, keskmine õhuniiskus oli 38% ja keskmine õhutemperatuur oli 23,2 °C. Õhtustel perioodidel tõusis CO₂ tase üle 1200 ppm/m³. Õhuniiskus püsis 30-50% vahel. Minimaalne õhutemperatuur oli 22,3 °C ja maksimaalne õhutemperatuur oli 24,4 °C (Joonis 8). Minimaalne õhuniiskus oli 24,6% ja maksimaalne õhuniiskus oli 55%. Madalaima CO₂ tasemega perioodid jäid lõunasele ajale.



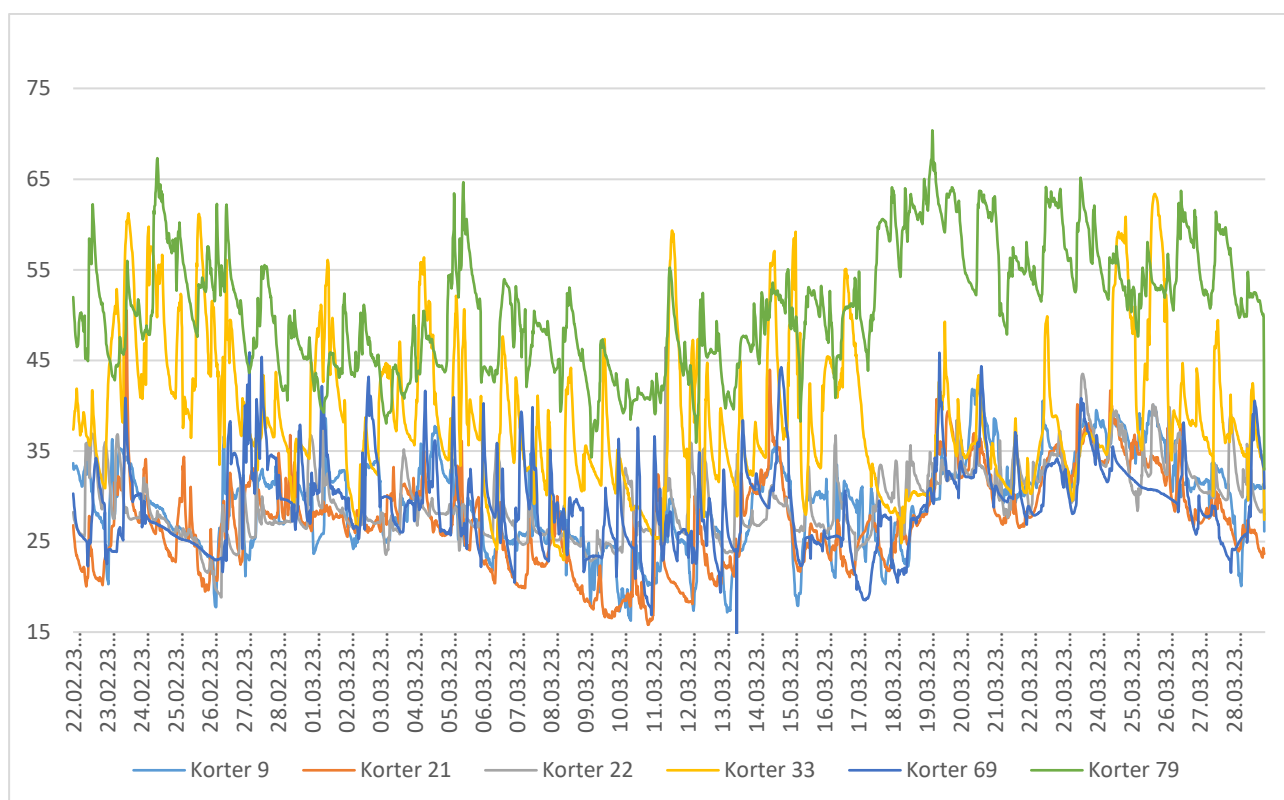
Joonis 8. Korter 46 sisekliima mõõtetulemused

1.3 Sisekliima uuringud Akadeemia tee 22

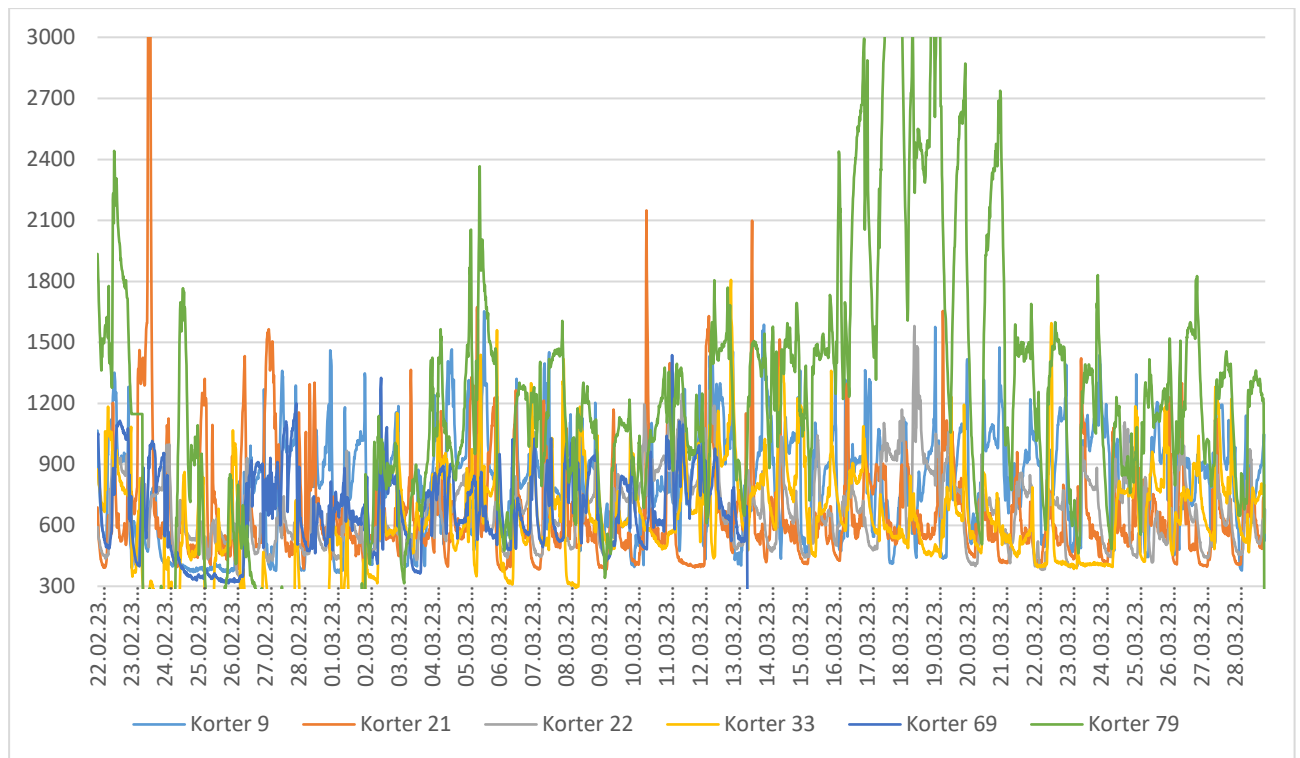
Akadeemia tee 22 kortermajja paigaldati “Onset Hobo MX1102A” mõõteandurid 22.02.2023 korteritesse 9, 21, 22, 33, 69, 79 ning graafikutel esitatud tulemuste mõõteperiood oli kuni 28.03.2023 (Joonis 9), (Joonis 10), (Joonis 11). Andurid paigaldati eemale otsesest päikesekiirgusest, tuuletõmbusest ja inimeste väljahingatavast õhuvoolust. Andurid registreerisid iga 15 minuti keskmise CO₂ taseme, õhutemperatuuri ja õhuniiskuse. Korterites tehti ka termografeerimise fotosid, et saada aimu pindade temperatuuride erinevustest. Mõõteperioodil oli minimaalne välisõhutemperatuur – 10,4 °C ja maksimaalne õhutemperatuur + 7,2 °C [2].



Joonis 9. Akadeemia tee 22 korterite temperatuur °C



Joonis 10. Akadeemia tee 22 korterite suhteline õhuniiskus RH%



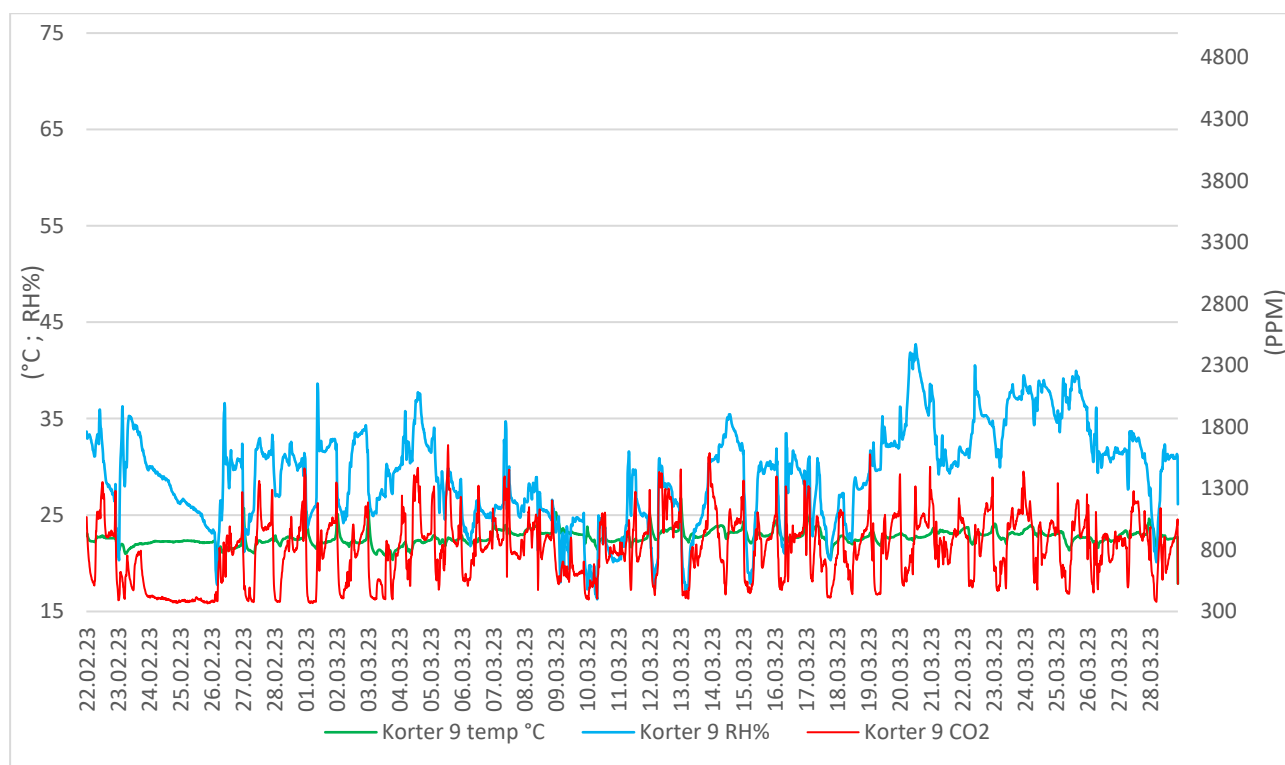
Joonis 11. Akadeemia tee 22 korterite CO₂ tasemed (PPM)



Foto 4. Sisekliima anduri asukoht riivilil, ukulele kõrval.

1.3.1. Korter 9

Tegemist on kolmandal korrusel paikneva kahetoalise korteriga, kus elab püsivalt kaks täiskasvanut ja üks laps. Korter paikneb hoone keskel, idapoolsel küljel. Korterite mõõteperioodi keskmine CO₂ väärtus oli 801 ppm/m³, keskmine õhuniiskuse tase oli 29% ja keskmine õhutemperatuur oli 22,6 °C. Intensiivsetel perioodidel, kus inimeste hulk ruumis on suur, püsis CO₂ tase vahemikus 1000-1400 ppm/m³, vähe intensiivsetel perioodidel püsis CO₂ tase alla 900 ppm/m³ (Joonis 12). Kuna tegemist on idapoolse korteriga, siis on selgelt eristatav elutoa temperatuuri tõus hommikuti, kus kõrgeima temperatuuri leiab ajavahemikul 09.00-10.30. Kõrgeim temperatuur oli 26,7 °C, madalaim temperatuur oli 20,3 °C. Suurim õhuniiskuse tase oli 43%, madalaim õhuniiskuse tase oli 16%. Termografeerimise pildilt on näha väga selgelt sisepindade suured temperatuuride erinevused (Lisa 17).

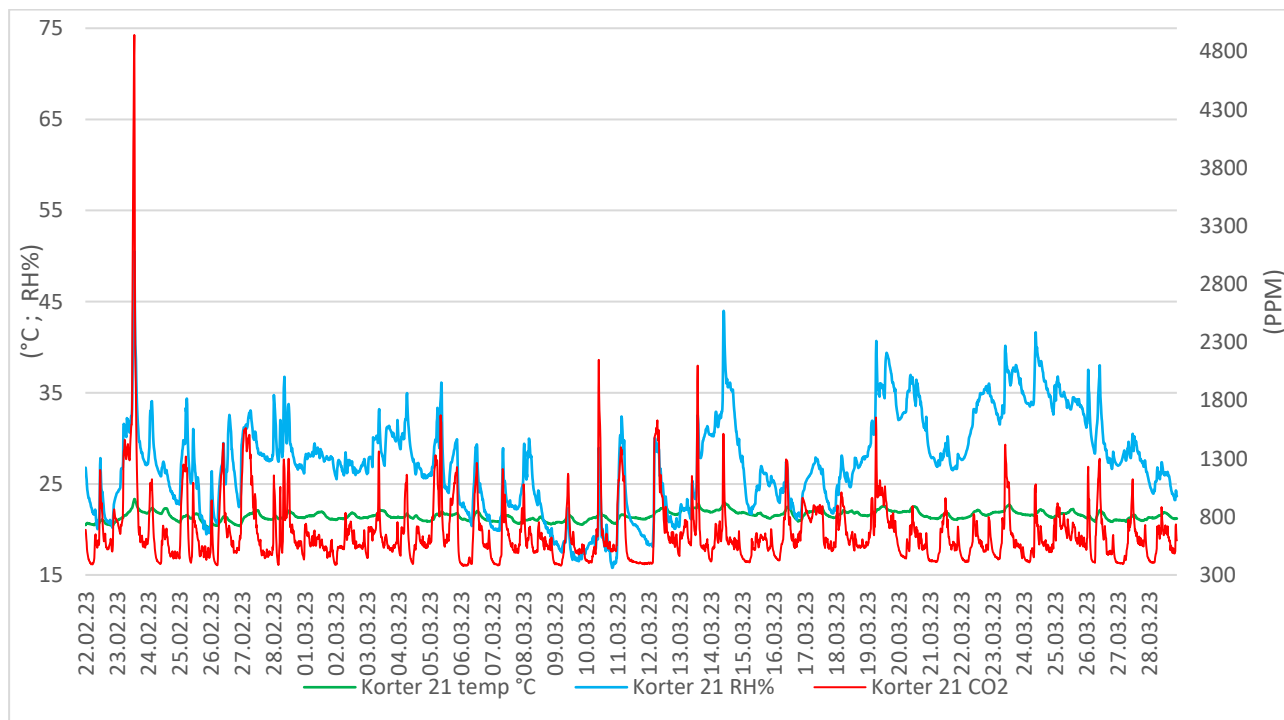


Joonis 12. Korter 9 sisekliima mõõtetulemused

1.3.2. Korter 21

Tegemist on kahetoalise korteriga, kus elab püsivalt üks täiskasvanu. Korter paikneb esimesel korrusel hoone keskel, idapoolsel küljel. Korterite mõõteperioodi keskmine CO₂ tase oli 662 ppm/m³, keskmine õhuniiskuse tase oli 27% ja keskmine õhutemperatuur 21,5 °C. Intensiivsetel, kus inimesi on reeglina korraga rohkem samas ruumis perioodidel püsis CO₂ tase vahemikus 1100-1500

ppm/m³. Madalaim õhutemperatuur oli 18,3 °C, kõrgeim õhutemperatuur oli 23,4 °C. Madalaim õhuniiskusetase oli 16% ja kõrgeim tase 51% (Joonis 13). Kuna korter asub 1. korrusel, siis ei ole siin probleeme hommikuse päikese poolt põhjustatud liigsete vabasoojustega, kuna Akadeemia tee 14 kortermaja varjestab hommikuse päikese ära. Termografeerimise pildilt on selgelt näha väga suured sisepindade temperatuuride erinevused (Lisa 18).



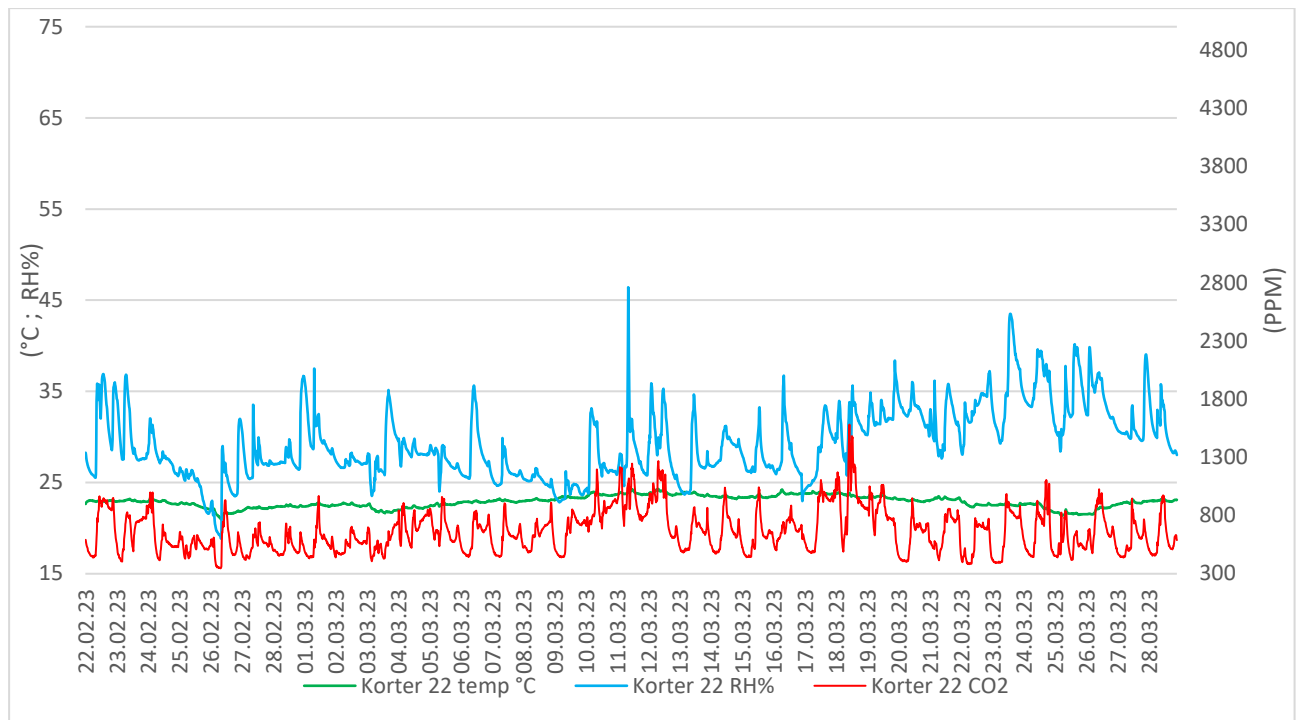
Joonis 13. Korter 21 sisekliima mõõtetulemused



Foto 5. Hommikuse päikese varjestus idasuunal

1.3.3. Korter 22

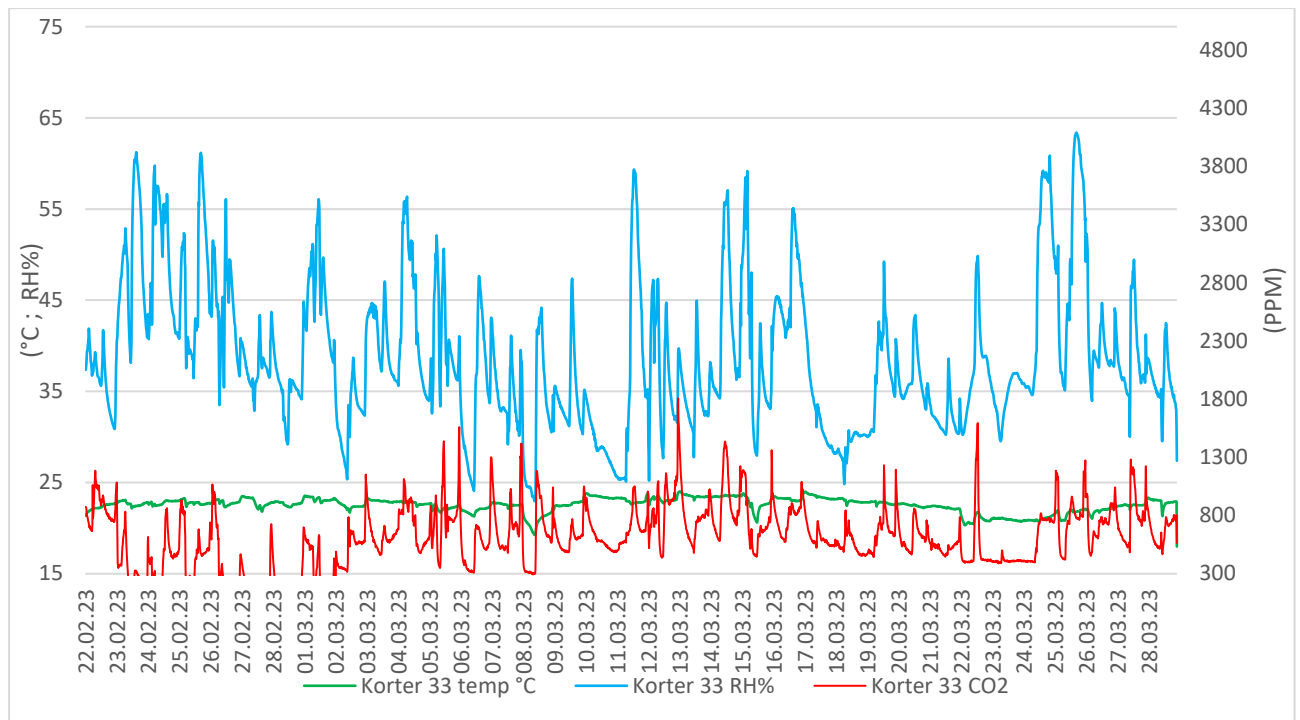
Tegemist on esimesel korrusel paikneva kolmetoalise korteriga, kus elab püsivalt kaks täiskasvanut. Korter paikneb hoone keskel, läänepoolsel küljel. Korterite mõõteperioodi keskmine CO_2 tase oli 663 ppm/m^3 , keskmine õhuniiskus $29,3\%$ ja keskmine õhutemperatuur $22,9^\circ\text{C}$. Intensiivsetel perioodidel, kus inimesi on tavaliselt smal ajal rohkem ruumis püsis CO_2 tase vahemikus $1000\text{--}1200 \text{ ppm/m}^3$ (Joonis 14). Madala intensiivsusega perioodidel püsis CO_2 tase alla 600 ppm/m^3 . Mõõteperioodi maksimaalne õhutemperatuur oli $24,3^\circ\text{C}$, madalaim õhutemperatuur 21°C . Kõrgeim õhuniiskus oli 46% ja madalaim õhuniiskus oli 19% .



Joonis 14. Korter 22 sisekliima mõõtetulemused

1.3.4. Korter 33

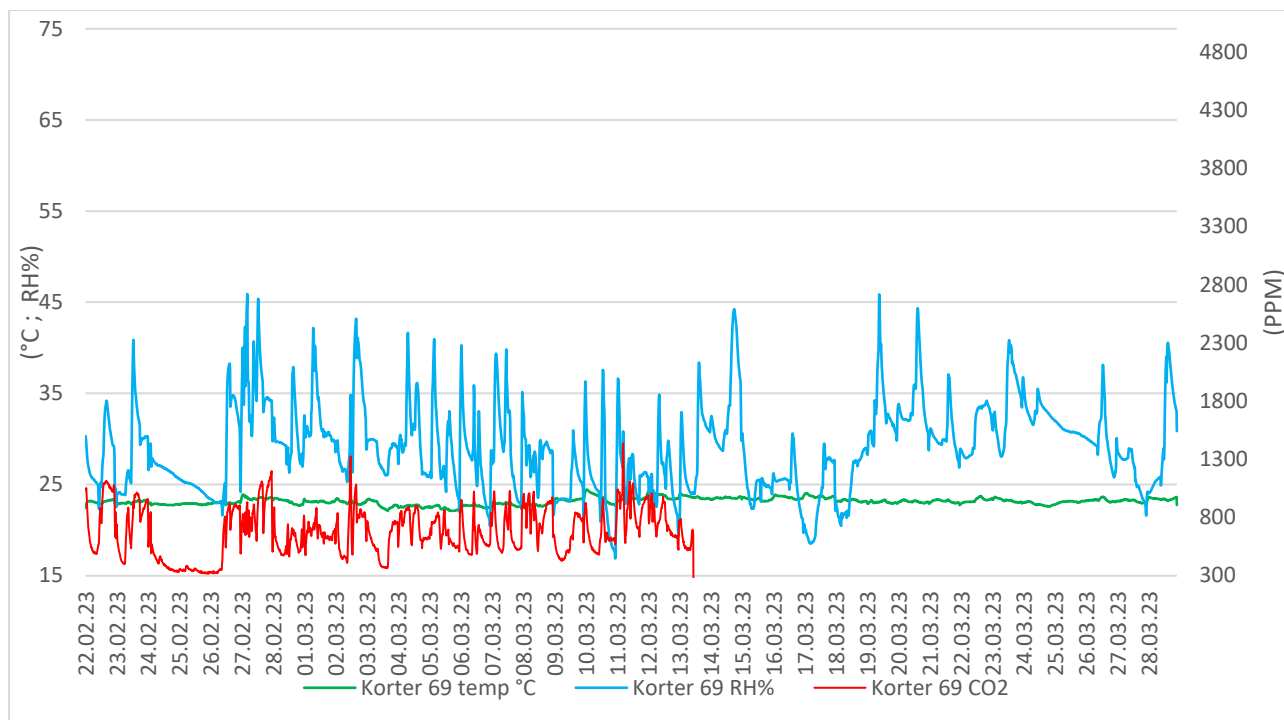
Tegemist on neljandal korrusel paikneva kahetoalise korteriga, kus elab püsivalt üks täiskasvanu. Korter paikneb hoone keskel, idapoolsel küljel. Korterite mõõteperioodi keskmine CO₂ tase oli 664 ppm/m³, keskmine õhuniiskus 38,5% ja keskmine õhutemperatuur 22,5 °C. Intensiivsetel perioodidel, kus inimesi on ruumis rohkem, püsis CO₂ tase vahemikus 1000-1200 ppm/m³ (Joonis 15). Madala intensiivsusega perioodidel püsis CO₂ tase alla 700 ppm/m³. Mõõteperioodi maksimaalne õhutemperatuur oli 24 °C, madalaim õhutemperatuur 19,3 °C. Kõrgeim õhuniiskus oli 63% ja madalaim õhuniiskus oli 23%. Madalaim CO₂ tase jäi lõunaperioodidele.



Joonis 15. Korter 33 sisekliima mõõtetulemused

1.3.5. Korter 69

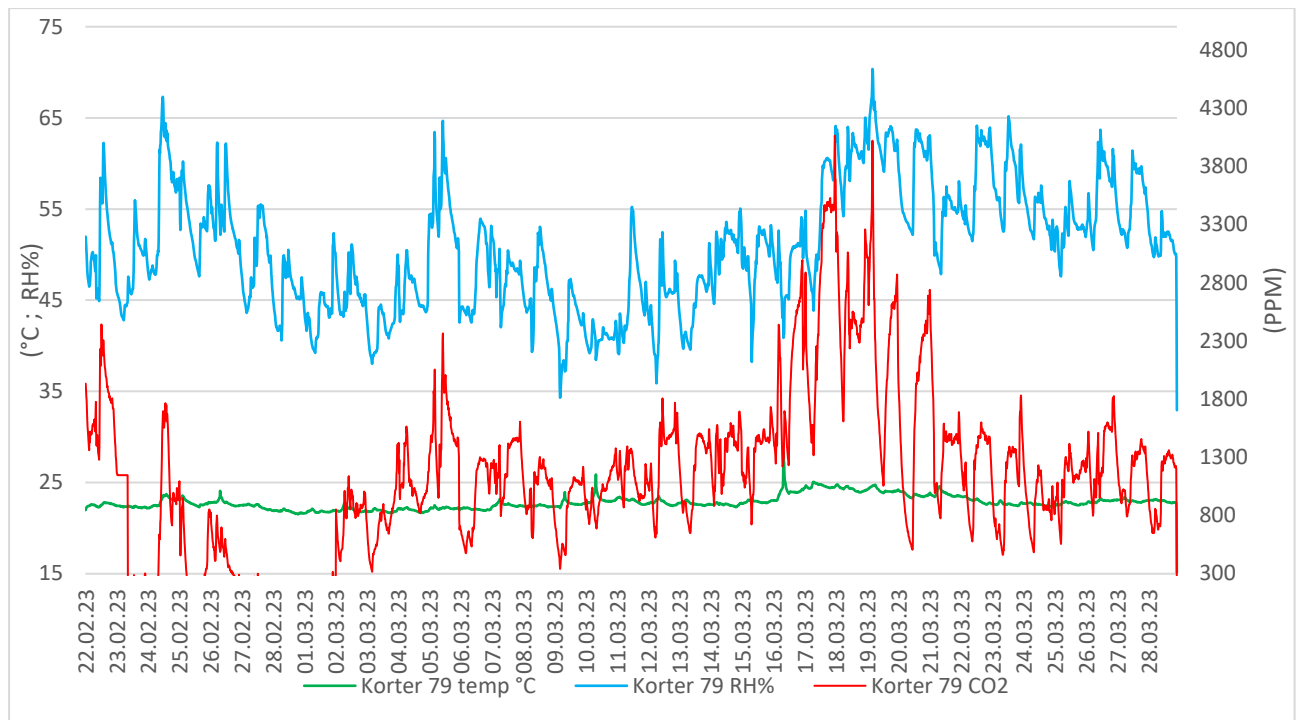
Tegemist on kolmandal korrusel paikneva korteriga, kus elab püsivalt üks täiskasvanu. Korter paikneb hoone põhja - ja idapoolses nurgas. Korterite mõõteperioodi keskmine CO_2 tase oli 674 ppm/m^3 , keskmine õhuniiskus 28,5% ja keskmine õhutemperatuur 23°C . Õhutemperatuur oli väga stabiilne, püsidis pidevalt 23°C juures. Intensiivsetel perioodidel, kus inimesi on ruumis rohkem, püsis CO_2 tase vahemikus $1000\text{--}1100 \text{ ppm/m}^3$. Madala intensiivsusega perioodidel püsis CO_2 tase alla 600 ppm/m^3 (Joonis 16). Mõõteperioodi maksimaalne õhutemperatuur oli $24,4^\circ\text{C}$, madalaim õhutemperatuur $23,6^\circ\text{C}$. Kõrgeim õhuniiskus oli 46% ja madalaim õhuniiskus oli 17%. Termografeerimise fotolt on selgelt näha otsaseinas olevad välisseina elementide liitumiskohad külmasildadena (Lisa 19).



Joonis 16. Korter 69 sisekliima mõõtetulemused

1.3.6. Korter 79

Tegemist on viiendal korrusel paikneva korteriga, kus elab püsivalt kaks täiskasvanut ja üks laps. Korter paikneb hoone keskel, läänepoolses küljes. Korterimõõteperioodi keskmine CO₂ tase oli 1308 ppm/m³, keskmine õhuniiskus 51,3% ja keskmine õhutemperatuur 22,9 °C. Öötundidel oli CO₂ tase tihti üle 1400 ppm/m³, oli ka perioode, kus öösi ületas CO₂ tase 3000 ppm/m³. Madala intensiivsusega perioodidel püsis CO₂ tase alla 700 ppm/m³ – selliseid perioode oli vähe. Enamjaolt oli CO₂ tase üle 1000 ppm/m³ (Joonis 17). Mõõteperioodi maksimaalne õhutemperatuur oli 28,3 °C, madalaim õhutemperatuur 21,7 °C. Kõrgeimad temperatuurid jäid kellaaegade 14.00-18.00 vahele, mis viitab selgelt läänesuunalt paistva õhtuse päikese poolt tekitatavale vabasoojusele. Kõrgeim õhuniiskus oli 70% ja madalaim õhuniiskus oli 34%.



Joonis 17. Korter 79 sisekliima mõõtetulemused

1.3.7. Kelder

Mõõtmised teostati ka hoone keldris, kus mõõteperioodi keskmine õhuniiskus oli 32% ja keskmine õhutemperatuur 21 °C. Mõõteperioodi maksimaalne õhutemperatuur oli 24,1 °C, madalaim õhutemperatuur 17,8 °C. Kõrgeim õhuniiskus oli 50% ja madalaim õhuniiskus oli 22%. Keldri korrusel CO₂ kontsentratsiooni ei mõõdetud, kuna seal puuduvad püsivalt elanikud mistõttu kogutud andmed suurt väärtust ei oma.

1.3.8. Termograafia

Termograafilise uuringu piltide põhjal saab väita, et Akadeemia tee 22 kortermajas on hetkel selged hallituse tekke ohud. Piltide tegemise ajal oli välistemperatuur -3 °C, korterite sisemised temperatuurid püsisid vahemikus 21-24 °C. Korterites 9, 21, 22 ja 33 on halvimad temperatuuriindeksid väiksemad kui 0,55, mis tähendab, et on selge õhuniiskuse kondenseerumise oht ja kindlasti ka hallituse tekkimise oht. Korteris 79 on halvim temperatuuri indeks 0,67, mis on väga lähedal temperatuuriindeksile 0,65, mis omakorda kirjeldab juba hallituse tekkimise ohtu. Korterit 69 oli halvim temperatuuriindeks 0,69, mida võib pidada napilt lubatu piires olevaks.

Fotodelt on selgelt näha otsaseintes asuvate välisseina elementide liitekohtadest tulenevad külmasillad ning suured pinnatemperatuuride erinevused avatäidete ümber. Esimese korruse korterite

ja viienda korruse korterite temperatuurid erinavad keskmiselt 1 kraad. Kõrgema korruse korterid on soojemad, kuna hoones on hetkel paigaldatud ühe toruga radiaatorküttesüsteem, kus ei ole radiaatoritele paigaldatud termostaate ning ka päikese poolt põhjustatud vabasoojused on ülemistel korrustel suuremad.

1.4 Akende seisukord

Akadeemia tee kortermajades on keskmiselt vanad puitaknad vahetatud uute, minimaalselt kahekordsete klaaspakettidega PVC akende vastu 94,8% ulatuses. Andmed kortermajade kaupa on leitavad all olevas tabelis (Tabel 1).

Tabel 1. Kortermajade vahetatud akende osakaal

Kortermaja aadress	Vahetatud akende osakaal, %
Akadeemia tee 4	91,7
Akadeemia tee 6	96,6
Akadeemia tee 14	96,6
Akadeemia tee 22	94,2
Keskmine	94,8

1.5 Hoonete kaalutud energiakasutus

Töö autoritel avanes võimalus tutvuda Akadeemia tee kortermajade 4, 6, 14 ja 22 energiakulu andemetega perioodidel 2017-2022. Andmetest on võimalik saada ülevaade hoonete elektritarbimistest aasta lõikes ning energiakulust, mis kulub tarbevee soojendamiseks ja ruumide kütteks. Akadeemia tee kortermajade kaalutud energiakasutus (KEK) leitakse vastavalt määruises „nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ kirjeldatud arvutustele [3]. Peatükis 1.6 tehtud Akadeemia tee 4 kortermaja arvutuskäigus kasutatakse kortermaja tarbimisandmeid aastatest 2018 ja 2019. Kaalutud energiakasutus kirjeldab hoone energiatarbimise kulu vastavalt tegelikule tarbimisele. Kaalutud energiakasutust analüüsides tuleb silmas pidada, et kortermajadel Akadeemia tee 4 ja Akadeemia tee 14 on otsaseinad eelnevalt soojustatud, mis kindlasti mõjutab elamute energiavajadust.

1.6 Akadeemia tee 4 kaalutud energia arvutus

Akadeemia tee 4 kortermaja lähteandmed on leitavad all olevas tablis (Tabel 2);

Tabel 2. Akadeemia tee 4 lähteandmed

Soojuskulu aastal 2018	509,86 MWh
Soojuskulu aastal 2019	475,79 MWh
Elektrikulu aastal 2018	99,06 MWh
Elektrikulu aastal 2019	90,64 MWh
Ostetud maagaas aastal 2018	3226 m ³
Ostetud maagaas aastal 2019	3082 m ³
Sooja vee tarbimine aastal 2018	1894 m ³
Sooja vee tarbimine aastal 2019	1785 m ³

Sooja vee valmistamiseks kuluv soojusenergia arvutatakse valemiga (2) [4];

$$Q_{soe\ vesi} = M \cdot C_v \cdot \frac{\Delta T}{3600} + Q_{kaod}, \text{ MWh/a;} \quad (2)$$

- kus
- M - Tarbitud sooja vee maht, m³;
 - C_v - Vee erisoojus 4,2 kJ/(kg·K);
 - ΔT - Temperatuuride vahe vee soojendamisel, tavaliselt 50 °C;
 - Q_{kaod} - Soojavee torustiku utiliseerimatud soojuskaod suvekuudel.

Torustiku soojuskadude leidmiseks on vajalik arvutada kütteperioodivälise aja küttekulu keskmine väärtus. Juunis oli elamu küttekulu 4,89 MWh, juulis 4,292 MWh ja augustis 5,43 MWh. Keskmine väärtus kirjeldatud kuudel on 4,873 MWh. Kuna sellel perioodil hoone küttekehasid ei köetud, siis on selle energia kasutamise puhul tegemist torustiku soojuskadudega. Torustiku summaarsete soojuskadude arvestamisel arvestatakse kõikide kütteperioodi kuude torustiku soojuskadudeks 4,873 MWh ja perioodil juuli – august vastavate kuude küttekulude väärtused (Lisa 1). Aastane summaarne soojuskadu torustikest on 58,471 MWh. Sooja vee valmistamiseks kuluv soojusenergia 2019. aastal vastavalt valemile (2) on;

$$Q_{soe\ vesi} = 1785 \cdot 4,2 \cdot \frac{50}{3600} + 4,9 = 109 \text{ MWh/a.}$$

Kaugkütte energia kulu arvutamiseks hoone kütteks lahutatakse hoone soojuskuludest sooja tarbevee tegemiseks kulunud energia ja torustiku soojuskadudest tulenev energiakadu (3);

$$Q_{küte} = Q_{kaugküte} - Q_{soe\ vesi} - Q_{kaod}, \text{ MWh/a.} \quad (3)$$

2019. aastal hoone kütteks kuluv energia vastavalt valemile on (3);

$$475,8 \text{ MWh /a} - 109 \text{ MWh/a} - 58,5 \text{ MWh/a} = 308,3 \text{ MWh/a.}$$

Vajalik on leida normaalaasta kraadpäevade arvu alusel taandatud küttesoojuse kulu tasakaalutemperatuuril 17°, mis leitakse valemiga ((⁴) [3];

$$Q_{N,kyt} = Q_{teg,kyt} \cdot \frac{S_N}{S_{teg}}, \text{ MWh/a,} \quad (4)$$

kus $Q_{teg,kyt}$ - küttesoojuse kulu vaadeldaval täisaastal, MWh/a;
 S_N - normaalaasta kraadpäevade arv;
 S_{teg} - kraadpäevade arv vaadeldaval täisaastal.

Aastal 2019 oli 3575 kraadpäeva, normaalaastal on 4220 kraadpäeva [3]. Taandatud küttesoojuse kulu vastavalt valemile ((⁴) on;

$$Q_{N,kyt} = 308,3 \cdot \frac{3575}{4220} = 364 \text{ MWh/a.}$$

Normaalaasta kaalutud küttesoojuse kulu ühe täisaasta kohta arvutatakse valemiga (5) [3];

$$Q_{C,kyt} = C_k \cdot Q_{N,kyt}, \text{ MWh/a,} \quad (5)$$

kus C_k - energiakandja kaalumistegur.

Kaalutud küttesoojuse kulu vastavalt valemile (5) on;

$$Q_{C,kyt} = 0,65 \cdot 364 = 236,6 \text{ MWh/a.}$$

Kaalutud sooja tarbevee valmistamise kulu ühe täisaasta kohta leitakse valemiga (6) [3];

$$Q_{C,tvs} = C_k \cdot Q_{tvs}, \text{ MWh/a,} \quad (6)$$

kus Q_{tvs} - soojusenergia kulu tarbevee soojendamiseks täisaastal, MWh/a;
 C_k - energiakandja kaalumistegur.

Kaalutud tarbevee valmistamise kulu ühe täisaasta kohta vastavalt valemile (6) on;

$$Q_{C,tvs} = 109 \cdot 0,65 = 70,85 \text{ MWh/a.}$$

Torustiku soojuskadude energiakulu ühe täisaasta kohta vastavalt valemile (6) on;

$$Q_{C,tvs} = 58,5 \cdot 0,65 = 38,025 \text{ MWh/a.}$$

Keskmine elektri kulu ühe aasta kohta leitakse valemiga (7) [3];

$$Q_{C,el} = C_{k,el} \cdot Q_{el}, \text{ MWh/a}, \quad (7)$$

kus Q_{el} - elektrikulu, millest on maha arvestatud kütteks ja tarbevee soojendamiseks kasutatud elekter, MWh/a;

$C_{k,el}$ - energiakandja kaalumistegur.

Keskmine elektrikulu ühe aasta kohta vastavalt valemile (7) on;

$$Q_{C,el} = 90,64 \cdot 2 = 181,28 \text{ MWh/a}.$$

Keskmine gaasi kulu ühe täisaasta kohta, mida ei ole tarbitud küttesoojuse saamiseks leitakse valemiga (8) [3];

$$Q_{C,g} = C_{k,g} \cdot Q_g, \text{ MWh/A}, \quad (8)$$

kus $C_{k,g}$ - energiakandja kaalumistegur,

Q_g - gaasi kulu mida ei ole tarbitud küttesoojuse saamiseks, MWh/a.

Tarbitud gaasi kogus m^3 on vaja teisendada energia suususeks MWh/a. Selleks on vajalik tarbitud gaasi kogus korrutada läbi suurusega 0,0093. Gaasist saadud energia kogus vastavalt kirjeldatud arvutuskäigule on 28,7 MWh/a.

Keskmine gaasi kulu arvestades energiakandja kaalumistegurit vastavalt valemile (8) on;

$$Q_{C,g} = 1,0 \cdot 28,7 = 28,7 \text{ MWh/a}.$$

Hoone keskmine kaalutud normaalaasta energiakasutus arvutatakse valemiga (9) [3];

$$Q_c = Q_{C,kyt} + Q_{C,tvs} + Q_{C,el} + Q_{C,g}, \text{ MWh/a}. \quad (9)$$

Akadeemia tee 4 kortermaja 2019. aasta keskmine normaalaasta energiakasutus vastavalt valemile (9) on;

$$Q_c = 236,6 + 70,85 + 38,025 + 181,28 + 28,7 = 555,5 \text{ MWh/a}.$$

Hoone 2019 aastane kaalutud energiakasutus leitakse valemiga (10);

$$q_c = 1000 \cdot \frac{Q_c}{A_{kyt}}, \text{ kWh}/(m^2 \cdot a), \quad (10)$$

kus 1000 - teisendamine ühikult MWh ühikule kWh;

- Q_c - hoone keskmine kaalutus aastane enegiakasutus, MWh/a,
 $A_{k_{yt}}$ - Koone köetav pind, m^2 .

Akadeemia tee 4 kortermaja kaalutud energiakasutus aastal 2019 vastavalt valemile (10) on ;

$$q_c = 1000 \cdot \frac{555,5}{3755} = 147,9 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a).$$

Hoone kaalutud aastane energiakasutuse hulk on $148 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$.

Akadeemia tee 4 kuulub hoone aastase kaalutud energiakasutuse suuruse järgi energiaklassi C [3, p. Lisa 3].

1.7 Akadeemia tee kortermajade keskmised KEK väärtused

Akadeemia tee 6 kortermaja energia tarbimise andmed olid antud aastate 2019-2021 kohta. Akadeemia tee 14 kortermaja energia tarbimise andmed olid antud aastate 2019-2019 kohta. Akadeemia tee 22 kortermaja energia tarbimise andmed olid antud aastate 2020-2022 kohta. Kortermajade KEK väärtused ning energia kulu sooja tarbevee soojendamiseks arvutati aastate keskmistena lähtudes peatükis 1.5 kirjeldatud arvutuskäikudele. Akadeemia tee kortermajade energia kulude aritmeetilised keskmised tulemused on leitavad alljärgnevas tabelis (Tabel 3).

Tabel 3. Energiakulu andmed

	Ruumide kütte, $\text{kWh}/m^2 \cdot a$	Sooja tarbevee soojendamine, $\text{kWh}/m^2 \cdot a$	Torustiku soojuskaod, $\text{kWh}/m^2 \cdot a$	Elekter, $\text{kWh}/m^2 \cdot a$	Maagaasist saadud energia, $\text{kWh}/m^2 \cdot a$	KEK, $\text{kWh}/(m^2 \cdot a)$
Akadeemia tee 4	100,8	27,8	15,3	25,3	7,8	148
Akadeemia tee 6	145,2	29,2	15,6	25,2	4,4	178
Akadeemia tee 14	127,4	30,6	15,6	26,3	6,0	169
Akadeemia tee 22	122,7	27,8	15,6	23,3	5,3	159
Keskmine	124,1	28,9	15,5	25,0	5,9	164

Energiakulu andmetest on näha, et kõige suurem kütteenergia vajadus on kortermajal number 6, kõige väiksem kütteenergia vajadus kortermajal number 4. Suureks erinevuseks majadel omavahel on Akadeemia tee 4 kortermaja soojustatud otsaseinad, mida Akadeemia tee 6 kortermajal pole. Akadeemia tee 14 kortermajal on ka otsaseinad soojustatud, aga kütteenergia vajadus suurem kui soojustamata otsaseintega Akadeemia tee 22 kortermajal. Kortermajadel on kindlasti ka erinevad

päikese poolt põhjustatud vabasoojuse suurused, kuna haljastus ja kõrval asuvate hoonete varjestus on erinev. Tarbevee soojendamiseks kuluv energia on üle $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ vaid kortermajal number 14, mis võrdluses kortermajaga 4 kaalutud energia kasutuse väärtust ka päris palju tõstab. Kuna energiamärgiste arvutamises kasutatakse kortermajade puhul tarbevee soojendamiseks kuluva energia määramisel väärtust 30, siis kortermajad 4, 6 ja 22 saaksid parema energiamärgise tulemuse juhul, kui märgise arvutustes arvestataks nende majade reaalselt energia tarbimist. Märkimisväärne on ka Akadeemia tee 22 kortermaja keskmiselt ligikaudu 10% väiksem elektritarbimine võrreldes teiste majadega. Selleks, et anda põhjanevaid hinnanguid kirjeldatud erinevustele, on vajalik saada info, milliseid renoveerimistöid ja millal on kortermajades teostatud. Näiteks ainuüksi tarbevee torustiku uuendamine ning isoleerimine võib suurel määral mõjutada sooja tarbevee tarbimist, üldaladele paigaldatud säästlikumad valgustid ja hämaraandurid võivad mõjutada märgatavalt elektrienergia tarbimist. Soojasõlme renoveerimine võib vähendada märkimisväärselt sooja tarbevee kogust.

2 SOOJUSLÄBIVUSE ARVUTUSTULEMUSED

2.1 Kütmata keldri lagi

Lähteandmed on leitavad all olevast tabelist (Tabel 4).

Tabel 4. Keldri tarindite lähteandmed

Keldrisein pealpool maapinda (h)	0,79 m
Keldrisein allpool maapinda (z)	1,2 m
Keldri põranda pindala (A)	808,2 m ²
Keldri põranda ümbermõõt (P)	160,0 m
Keldri õhuvahetuse kordarv (n)	0,3 (n/h)

Kütmata keldri lae soojustakistus R_u leitakse valemiga (11) [5].

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{(A \cdot U_{bf}) + (z \cdot P \cdot U_{bw}) + (0,33 \cdot n \cdot V)} \quad (11)$$

kus U_f — sisekeskkonna ja külma keldri vahelise põranda soojusjuhtivus, W/m² · K;

U_w — maapealse keldriseina soojusjuhtivus, W/(m² · K);

V — kütmata keldri ruumala, m³;

n — keldriõhu õhuvahetuskord tunnis, 1/h.

U_f - väärtus võetakse 1. korruse soojusjuhtivuse täpsemate andmete puudumisel hoonetel ehitusaastaga enne 1980. aastat 1,0 W/(m² · K) [6].

Kütmata keldri lae soojustakistus R_u vastavalt valemile (11) on;

$$R_u = \frac{1}{1,0} + \left(\frac{808,2}{((808,2 \cdot 0,36) + (1,2 \cdot 160 \cdot 0,15) + (0,79 \cdot 160 \cdot 0,22) + (0,33 \cdot 0,3 \cdot 1778,04))} \right) = 2,54 \text{ m}^2 \cdot K/W.$$

Kütmata keldrilae soojusjuhtivus leitakse valemiga (12) ;

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad (12)$$

Kütmata keldrilae soojusjuhtivus U vastavalt valemile (12) on;

$$U = \frac{1}{2,54} = 0,38 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Maapealse sokliseina soojusjuhtivus U vastavalt valemile (12) on;

$$U = \frac{1}{4,58} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Tarindi kogusoojus R_{tot} , leitakse valemiga (13) ;

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (13)$$

- kus R_{tot} — kogu tarindi soojustakistus, $m^2 \cdot K/W$;
 R_{si} — sisekeskkonna soojusjuhtivus, $m^2 \cdot K/W$;
 R_1 — üksiku homogeense materjalikihi soojustakistus, $m^2 \cdot K/W$;
 R_{se} — väliskeskkonna soojusjuhtivus, $m^2 \cdot K/W$.

Tarindi kogu soojustakistus vastavalt valemile (13) on;

$$R_{tot} = 0,13 + \frac{0,15}{0,035} + \frac{0,25}{2,0} + 0,04 = 4,58 \text{ } m^2 \cdot K/W.$$

Vajalik on leida keldri seina soojusjuhtivus U_{bw} , mis leitakse valemiga (14) ;

$$U_{bw} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_t}{d_t + z}\right) \cdot \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) \quad (14)$$

Seina soojusjuhtivus U_{bw} vastavalt valemile (14) on;

$$U_{bw} = \frac{2 \cdot 2,0}{\pi \cdot 1,2} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot 0,96}{0,96 + 1,2}\right) \ln\left(\frac{1,2}{9,2} + 1\right) = 0,15 \text{ } W/(m^2 \cdot K).$$

Vajalik on leida põranda ekvivalentne paksus d_t , leitakse valemiga (15) ;

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (15)$$

- kus d_f — põranda ekvivalentne paksus, m;
 w — välisseina kogupaksus, m;
 λ — pinnase soojuserijuhtivus, $w/m \cdot K$;
 R_f — põranda kogu soojustakistus, $m^2 \cdot K/W$.

Põranda ekvivalent paksus d_w vastavalt valemile (16) on;

$$d_f = 0,35 + 2,0 \cdot \left(0,17 + \frac{0,1}{2} + 0,04\right) = 0,96 \text{ m}.$$

Vajalik on leida seina ekvivalent paksus d_w , mis leitakse valemiga (16) ;

$$d_w = \lambda \cdot (R_{si} + R_w + R_{se}) \quad (16)$$

Seina ekvivalent paksus d_w vastavalt valemile (16) on;

$$d_w = 2,0 \cdot \left(0,13 + \frac{0,15}{0,035} + \frac{0,25}{2,0} + 0,04\right) = 9,2 \text{ m}.$$

Vajalik on leida keldri põranda soojuserijuhtivus U_{bf} , mis leitakse valemiga (17) ;

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t + 0,5 \cdot z} + 1 \right) \quad (17)$$

Põranda soojuserijuhtivus U_{bf} vastavalt valemile (17) on;

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 10,1 + 0,96 + 0,5 \cdot 1,2} \ln \left(\frac{\pi \cdot 10,1}{0,96 + 0,5 \cdot 1,2} + 1 \right) = 0,36 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Vajalik on arvutada keldri põranda karakteristik B' , mis leitakse valemiga (18) ;

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} \quad (18)$$

kus A — kogu keldripõranda pindala, m^2 ;

B — kogu keldri põranda välisperimeetri pikkus, m.

Põranda karakteristik B' vastavalt valemile (18) on;

$$B' = \frac{808,2}{0,5 \cdot 160} = 10,1$$

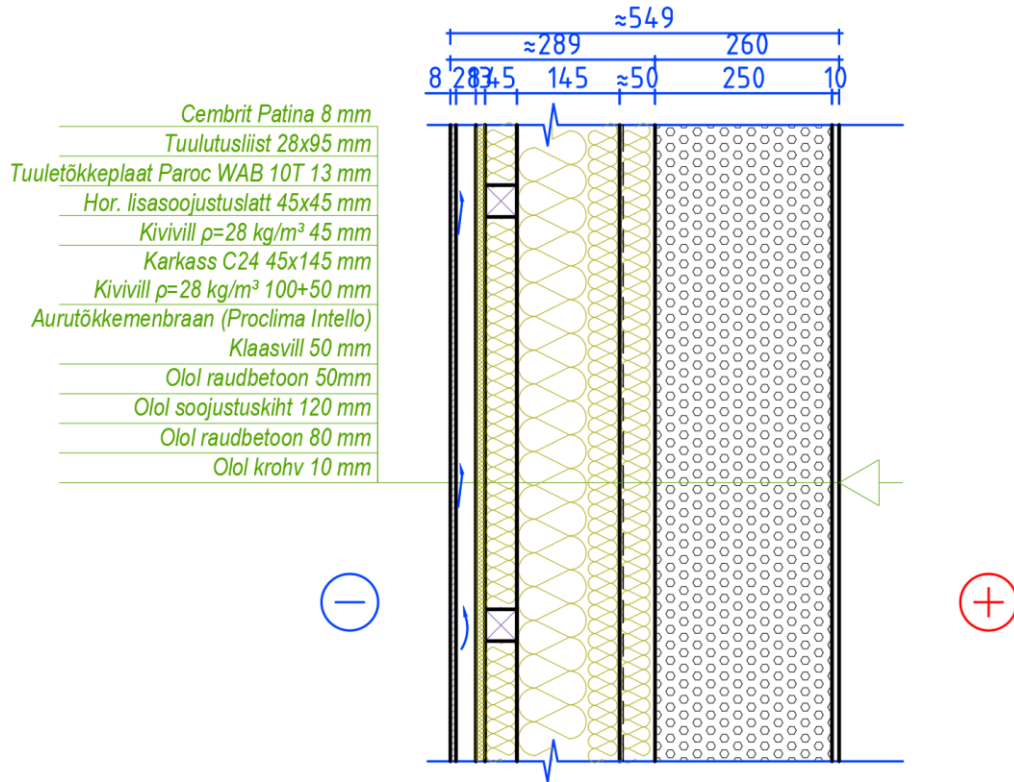
Vastavalt peatükis 2.1 toodud valemitele on kortermaja kütmata keldrilae soojuserijuhtivus $0,38 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

2.2 Välissein

Välisseina arvutuses on kasutatud mittehomogeensete materjalikihtidega piirde soojustakistuse lihtsustatud arvutusmeetodit. Lihtsustatud valemi kasutamine ei ole lubatud juhtudel, kui arvutusviga ϵ on suurem kui 20%, kui materjalide soojuserijuhtivuste erinevused on üle viie korra ja ka juhul, kui soojustakistuse ülemine ja alumine piirväärtus erinevad üle viie korra. Arvutustes on arvestatud materjali kihtidega välisseinte sisepinnast kuni välisfassaadil asetseva õhkvaheni, kuna tugevalt tuulduva õhkvahe korral tuulutusvahest väliskeskkonna poolseid materjale arvutustes ei kajastata. [5] Välisseina kogupaksus on 549 mm. Sein koosneb kandvast konstruktsioonist paksusega 250 mm, soojustuskihtidest paksusega 248 mm ja viimistlusmaterjalist (Joonis 18).

D001

Välissein EW1



Joonis 18. Välissein

Välisseina soojuserijuhtivuse arvutustes kasutatud lähteandmed on leitavad all tabelist (Tabel 5).

Tabel 5. Välisseina materjalide lähteandmed

Materjali nimetus	Kihi paksus d, m	Soojustakistus λ , W/m ² ·K
Tsementkrohv	0,020	1,000
Betoelement	0,300	1,560
Klaasvill	0,050	0,035
Vertikaalne puitkarkass	0,150	0,120
Vertikaalne kivivill soojustus	0,150	0,035
Horisontaalne puitkarkass	0,045	0,120
Horisontaalne kivivill soojustus	0,045	0,035
Kivivill tuuletökke plaat	0,013	0,036

Homogeensete soojustuskihtidega seinte kogusoojustakistus R_{tot} leitakse valemiga (19) [5, p. 31].

$$R_{tot} = \frac{R' + R''}{2} \quad (19)$$

kus R' — mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus, $m^2 \cdot K/W$;

R'' — mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse alumine piirväärtus, $m^2 \cdot K/W$.

Välisseina kogusoojustakistus R_{tot} vastavalt valemile (19) on;

$$R_{tot} = \frac{7,01+6,64}{2} = 6,83 \text{ W} \cdot \text{K}.$$

Mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus R' arvutatakse valemiga (20) [5, p. 31];

$$R' = \frac{\sum A}{\frac{A_a}{R_{tot,a}} + \frac{A_b}{R_{tot,b}} + \dots + \frac{A_n}{R_{tot,n}}} \quad (20)$$

kus $A_a, \dots, A_n$ — piirde üksikute sektsioonide osapindalad (osakaalud);

$R_{tot,a}, \dots, R_{tot,n}$ — piirde üksikute sektsioonide soojustakistused, $m^2 \cdot K/W$.

Välisseina ülemine piirväärtus R' vastavalt valemile (20) on ;

$$R_{soojustus} = 0,13 + \frac{0,02}{1,0} + \frac{0,3}{1,56} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{0,15}{0,035} + \frac{0,045}{0,035} + \frac{0,013}{0,036} + 0,04 = 7,74 \text{ W} \cdot \text{K}.$$

$$R_{sõrestik} = 0,13 + \frac{0,02}{1,0} + \frac{0,3}{1,56} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{0,15}{0,12} + \frac{0,45}{0,12} + \frac{0,013}{0,036} + 0,04 = 3,80 \text{ W} \cdot \text{K}.$$

Väheliigendatud hoonete puhul arvestatakse soojustust katkestavaid poste 1,5 korda rohkem, seega 600mm asemel on vajalik arvutustes arvestata sammuga 400mm [5, p. 44].

$$R' = \frac{400+45}{\frac{400}{7,74} + \frac{45}{3,80}} = 7,01 \text{ W} \cdot \text{K}.$$

Mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse alumine piirväärtus R'' arvutatakse valemiga (21) [5, p. 31].

$$R'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (21)$$

kus R_{si} — piirde sisepinna soojustakistus, $m^2 \cdot K/W$;

R_1, R_x, R_n — iga kihi soojustakistus, mis arvutatakse vastavalt kas soojuslikult homogeense soojustuskihi valemiga või soojuslikult mittehomogeense valemiga, $m^2 \cdot K/W$;

R_{se} — piirde välispinna soojustakistus, $m^2 \cdot K/W$.

Välisseina kogusoojustakistus R'' vastavalt valemile (21) on;

$$R'' = 0,13 + \frac{0,02}{1,0} + \frac{0,3}{1,56} + \frac{0,05}{0,035} + 3,44 + 1,03 + \frac{0,013}{0,036} + 0,04 = 6,64 \text{ } m^2 \cdot K/W.$$

Soojuslikult mittehomogeense kihi R_x soojustakistus arvutatakse valemiga (22) [5, p. 32]

$$R_x = \frac{\sum A_x}{\frac{A_{xa}}{R_{xa}} + \frac{A_{xb}}{R_{xb}} + \frac{A_{xn}}{R_{xn}}} \quad (22)$$

kus $A_{xa} \dots A_{xn}$ — mittehomogeense kihi üksikute osade osapindalad, m^2 ;

$R_{xa} \dots R_{xn}$ — mittehomogeense kihi üksikute osade soojustakistused, $m^2 \cdot K/W$.

Mittehomogeense 150 mm laiuse kihi soojustakistus vastavalt valemile (22) on;

$$R_{150mm} = \frac{400+45}{\frac{\frac{400}{0,035} + \frac{45}{0,12}}{\frac{0,15}{0,035} + \frac{0,15}{0,12}}} = 3,44 \text{ } W \cdot K.$$

Mittehomogeense 45 mm laiuse kihi soojustakistus vastavalt valemile (22) on;

$$R_{45mm} = \frac{400+45}{\frac{\frac{400}{0,035} + \frac{45}{0,12}}{\frac{0,045}{0,035} + \frac{0,045}{0,12}}} = 1,03 \text{ } W \cdot K.$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga ϵ arvutatakse valemiga (23) [5, p. 32].

$$\epsilon = \frac{R' - R''}{2 \cdot R_{tot}} \quad (23)$$

kus R' — mittehomogeensete kihtidega piirdetarinidi kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus, $m^2 \cdot K/W$;

R'' — mittehomogeensete kihtidega piirdetarinidi kogusoojustakistuse alumine piirväärtus, $m^2 \cdot K/W$.

Maksimaalne suhteline arvutusviga ϵ vastavalt valemile (23) on;

$$\epsilon = \frac{7,01-6,64}{2 \cdot 6,83} = 3\%.$$

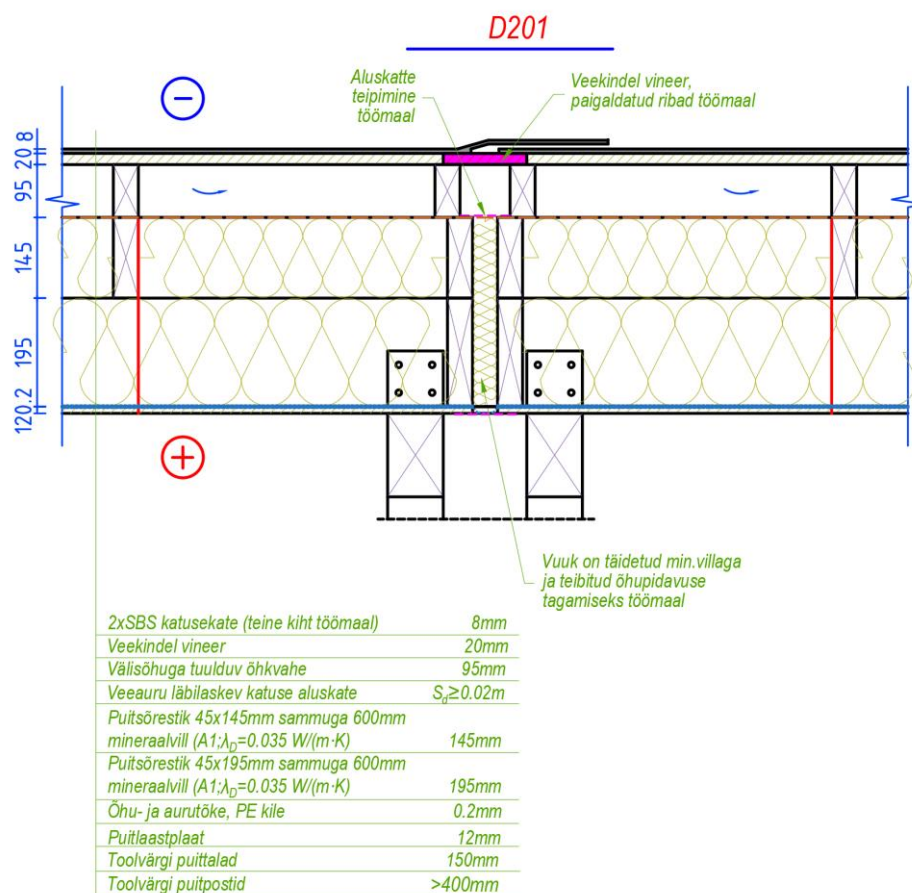
Välistarindi soojusjuhtivus U leitakse valemiga (12).

Välisseina soojusjuhtivus U vastavalt valemile (12) on (12);

$$U = \frac{1}{6,83} \approx 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

2.3 Katuslagi

Katuslagi on planeeritud paigaldada olemasoleva katuslae peale. Soojustuse ja olemasoleva paneeli vahele tuleb jätta õhkvahe, et võimaldada paigaldada tsentraalse ventilatsiooniseadme jaotustorustikke. Oluline on tagada ehitusjärgselt õhkvahe madal infiltratsiooni suurus, et vältida külma õhu liikumist katuse soojustuskihi all. Selline paigaldusviis jätab katusele suurema vaba pinna, mida on võimalik kasutada päikesepaneelide paigaldamiseks. Katuse tõstmine võimaldab ka suuremal määral katta fassaadi päikesepaneelidaga. Katuslae elemendid toetuvad fermidele, mis omakorda toetuvad olemasolevale raudbetoonist katuslae elemendile. Katuslae elemendid koosnevad soojustuskihist paksusega 340 mm, õhkvahest pealpool soojustuskihti paksusega 95 mm ja pealmisest vineeri ning SBS kihist paksusega 28 mm (Joonis 19).



Joonis 19. Katuseelementide läbilõige tõstetud katusel

2.4 Joonsoojuslähivused

Joonsoojuslähivuste väärtuse arvestamisel on lähtutud kortermaja energiaauditite koostamise juhendis esitletud andmetest [7, p. 100]. Soojustatud hoone energiasimulatsioonis kasutatud joonsoojuslähivused on kirjeldatud all olevas tabelis (Tabel 6).

Tabel 6. Soojustatud hoone joonsoojuslähivuste suurused

Tarindi nimetus	Soojuslähivuse suurus, W/(m·K)
Välissein - välissein	0,160
Välissein - sisesein	0,010
Välissein - vahelagi	0,015
Välissein - katuslagi	0,170
Välissein - aken	0,020
Keldri lagi - välissein	0,050
Rõdu	0,050

Soojustamata hoone energiasimulatsioonis kasutatud joonsoojuslähivused on kirjeldatud all olevas tabelis (Tabel 7).

Tabel 7. Soojustamata hoone joonsoojuslähivused

Tarindi nimetus	Soojuslähivuse suurus, W/(m·K)
Välissein - välissein	0,70
Välissein - sisesein	0,15
Välissein - vahelagi	0,25
Välissein - katuslagi	0,25
Välissein - aken	0,13
Keldri lagi - välissein	0,25
Rõdu	0,20

3 DÜNAAMILISE SOOJUSLEVI ARVUTAMISE TULEMUSED

Et mõista kortermaja renoveerimise tulemuslikkust võrreldes hoone soojuskadude vähenemisega, teostati erinevaid dünaamilisi soojuslevi arvutusi. Teostati peamiselt nelja erinevasse varianti kuuluvaid arvutusi, variantide sees tehti ka osaliselt laiendatud arvutusi.

- soojustamata hoone simulatsioon, kus hoone välistarindid ei olnud soojustatud ning aknad olid madalama energiatõhususe tasemega – tulemused kirjeldavad hoone hetkeolukorda;
- versioon number 1, kus hoone välistarindid ja avatäited olid liginullenergia hoonetele vastavate soojusjuhtivuse väärtustega;
- versioon number 2, kus parandati veelgi välisseinte ja akende soojusjuhtivuse väärtusi võrreldes versiooniga number 1;
- versioon number 3, kus muudeti oluliselt ventilatsiooni süsteemi ning hoone infiltratsiooni väärtust.

Energiasimulatsiooni mudel võimaldas läbi viia põhjalikke uuringuid erinevate soojustuslahenduste mõju kohta hoone energiatõhususele ning leida optimaalne lahendus, mis vastab hoone kasutajate vajadustele ja eesmärkidele. Tulemused võiks olla abiks otsustusprotsessis, aidates valida kõige sobivam lahendus hoone projekteerimisest renoveerimiseni ning seeläbi soodustada kestlikumat ja säästlikumat ehituspraktikat. Simulatsioonis kasutatud välistarindite soojusläbivused on kirjeldatud all olevas tabelis (Tabel 8).

Tabel 8. Tarindite soojusläbivused

Tarindi nimetus	Soojustamata hoone, $W/m^2 \cdot K$	Versioon 1, $W/m^2 \cdot K$	Versioon 2, $W/m^2 \cdot K$	Versioon 3, $W/m^2 \cdot K$	Versioon 3.1, $W/m^2 \cdot K$
Välissein	0,84	0,16	0,14	0,14	0,14
Sokkel pealpool maapinda	0,88	0,16	0,16	0,16	0,16
Sokkel pinnases	3,10	0,21	0,21	0,21	0,21
Katuslagi	0,73	0,08	0,08	0,08	0,08
Keldri põrand	0,29	0,29	0,29	0,29	0,23
Aknad	1,38	0,81	0,68	0,68	0,68
Välisuks	1,40	1,40	1,40	1,40	1,00
Esimese korruse põrand	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

3.1 Soojustamata tarindid

Energiasimulatsioonis kasutatud joonsoojusläbivused on leitavad (Tabel 7). Simulatsioonis kasutatud välistarindite soojusläbivused on kirjeldatud (Tabel 8) ja energiamärgise arvutuse lähteandmetes (Lisa 2). Loomulikuks õhuvahetuse suuruseks korterites määrati arvutuses $0,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$, trepikodades $0,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ ja keldris $0,15 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$. Loomulik õhuvahetus toimub renoveerimata kortermajas ebatihedate tarindite kaudu. Kuna õhuvahetus on loomulik, siis soe õhk liigub hoonest ebatiheduste kaudu välja ja külm õhk liigub hoonesse sisse, mis tuleb küttekehadel uuesti üles soojendada. Rõdu põrandaplaadi joonsoojusläbivuseks määrati $0,2 \text{ W/K} \cdot \text{m}$. Rekonstrueerimata korterelamus suurimad soojuskaod toimusid läbi välisseinte (45,4%), akende (20,5%) ja katuslae (15,1%). Dünaamilise soojuslevi arvutustes kogutud info põhjal saavutas hoone ilma taastuenergiata energiatõhususarvu $168 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mis vastab energiatõhususklassile D (Lisa 3). Võrreldes Akadeemia tee hoonete keskmist kaalutud energiakasutust oli dünaamilises arvutuse tulemuses ruumide kütteks vajalik energia hulk $8,9 \text{ kWh}/\text{m}^2$ aastas vähem, vastavalt $115,2 \text{ kWh}/\text{m}^2$ aastas ja kortermajade keskmises energiakasutuses $124,1 \text{ kWh}/\text{m}^2$ aastas. Selle tulemuse põhjal võib väita, et dünaamiline arvutus oli veidi optimistliku tulemusega, mis võis olla põhjustatud kohati liiga suurtest päikese poolt tekitatud vabasoojustest, kuna arvutustes ei kajastatud olemasoleva haljastuse poolt tekitatavaid varjestusi.

3.2 Soojustatud tarindid variant 1

Arvutuse variandis number 1 kasutatud joonsoojusläbivused on leitavad (Tabel 6). Simulatsioonis kasutatud välistarindite soojusläbivused on kirjeldatud (Tabel 8). Hoone energiatõhususarvu arvutamisel kasutatud andmed on esitatud vastavalt hoone energiatõhususe arvutamise metoodikas kirjeldatud kujul ja on leitavad (Lisa 4) [8, p. lisa 2]. Energiasimulatsioonis määrati korterite ventilatsiooni sissepuhke suhtarvuks $+17 \text{ }^\circ\text{C}$. Trepikodades määrati soojustagastuseta õhuvahetuse suuruseks $0,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ ja keldris $0,15 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$. Üldalade õhuvahetus korraldatakse rekonstrueeritavatel hoonetel enam-jaolt seintesse paigaldatud *Fresh* värskõhu klappidega. Suurimad soojuskaod toimusid läbi akende (38,82%), välisseinte (24,75%), keldri põrand (19,43%), külmasildade (9,73%) ja katuslae (5,44%). Dünaamilisest arvutusest kogutud info põhjal saavutas hoone ilma taastuenergiata energiatõhususarvu $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mis vastab energiatõhususklassile B (Lisa 5) [9, p. lisa 2]. Hoone soojuskaod läbi tarindite ja külmasildade olid kokku $163\,205 \text{ kWh}/\text{a}$ (Lisa 14). Võib väita, et hoone soojustamine variandiga 1 hoiaks aastas võrreldes soojustamata hoonega soojuskadudelt kokku $357\,789 \text{ kWh}$. Võrreldes energiatõhususarve, kuhu sisse on arvestatud ka vabasoojused, oleks energiavõit $44 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mis teeks kogu hoone ulatuses $44 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$.

3763 m^2 köetavat pinda = 165 572 kWh/a. Hoone saavutas energiatõhususarvu 97 kWh/($m^2 \cdot a$), kui lähteandmetes kasutati (Tabel 3) keskmisi elektrienergia ja sooja tarbevee soojendamise energia andmeid ja taastuenergia osakaalu (Lisa 15), ilma taastuenergia osakaaluta oli vastav tulemus 116 kWh/($m^2 \cdot a$). Soojustatud varianti number 1 saaks kasutada pigem korteripõhiste ventilatsiooniseadmete puhul, kuna seinä soojustus on 145 mm. Juhul, kui ventilatsiooni torustik asuks välisseinas, kataks 100mm torustikku vaid ca 50 mm soojustust.

3.3 Soojustatud tarindid variant 2

Võrreldes variant number ühega lisati seinä soojustusele üks soojustuse kiht juurde, mille tulemusel oli välissein 14% parema soojusjuhtivuse omadusega. Lisatud soojustuskihi paksuseks oli 45 mm, kiht koosnes 600 sammuga paiknevatest vertikaalsetest puitroovitusest (45x45mm) ja kivivillast (Joonis 18). Välisseinä soojusjuhtivus paranes väärtuseni 0,14 W/ $m^2 \cdot K$, mis on ka soovituslik väärtus kortermaja soojustamiseks. Lisades seintesse juurde 45 mm soojustust, oleks võimalik katta välisseintes asuvad 100mm ventilatsioonitorustikud ligi 100mm paksuse soojustusega, mis oleks pea kaks korda paksem kiht, kui eelnevas variandis.

Seinä soojusläbivuse arvutused on kajastatud peatükis 2.2. Teiste tarindite soojusläbivused jäid samaks võrreldes variandiga number 2, samuti ei muudetud ka ventilatsioonisüsteemi andmeid. Dünaamilistes arvutuses variandis 2 kasutatud joonsoojusläbivused on leitavad (Tabel 6). Arvutuses kasutatud välistarindite soojusläbivused on kirjeldatud (Tabel 8) (Lisa 7). Suurimad soojuskaod toimusid läbi akende (40,11%), välisseinte (22,54%), keldri põranda (19,91%), külmasildade (9,98%) ja katuslae (5,58%). Võrreldes variandiga number 1 muutus veidi suuremaks akende osakaal soojuskadudest ning vähenes välisseinte osakaal. Akende kaudu olid soojuskaod peaaegu kaks korda suuremad kui välisseinte kaudu. Energiasimulatsioonist kogutud info põhjal saavutas hoone ilma taastuenergiata energiatõhususarvu 120 kWh/($m^2 \cdot a$), mis vastab energiatõhususklassile B.

Võib väita, et välisseinale, mille U arv on 0,158, lisatud 45 mm paksune soojustuse kiht ei muuda märkimisväärselt väiksemaks hoone soojuskadusid. Kokku vähenesid hoone soojuskaod vaid 3584 kWh ulatuses aastas, mis teeb veidi vähem kui 1 kWh aastas ühe m^2 kohta. Aknad U arvuga 0,8-0,9 on hetkel kortermajade rekonstrueerimistel enim kasutusel olevad aknad. Arvutusversioonis 2 kasutatud tarindite ja joonkülmasildade soojusjuhtivuse väärtused on hetkel renoveeritavate kortermajade enim levinud väärtused, dünaamilise arvutuse tulemused võiksid peegeldada praegusel ajajärgul standardkasutusega renoveeritud hoonete energiakulusid.

3.3.1. Soojustatud tarindi variant 2.1

Eraldi teostati ka dünaamiline arvutus, kus parandati versioon 2 hoone akende soojusjuhtivust, mille väärtuseks kirjeldati $0,68 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, mis on 16% parem väärtus, kui eelmises versioonis. Kuna eelmise arvutusversiooni tulemus näitas, et avatäidete kaudu toimuvad soojuskaod moodustasid kogu hoone soojuskadudest üle 40%, tekkis huvi näha paremate soojusomadustega akende mõju hoone energiakadudele ja neto kütteenergia vajadusele. Selle muudatuse tulemusena olid hoone soojuskaod simulatsioonis 149 838 kWh/a, mida oli 9783 kWh/a vähem, kui variandil number 2 (Lisa 14). Hoone saavutas arvutuses energiatõhususarvu $116 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (Lisa 8). Hoone soojuskaod läbi tarindite ja külmasildade olid kokku 149838 kWh/a, võrreldes variandiga number 1 oli seda 13 367 kWh/a vähem (Lisa 14). Võrreldes energiatõhususarve versiooniga number 2, kuhu sisse on arvestatud ka vabasoojused, oli energiavõit $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mis teeks kogu hoone ulatuses $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 3763 \text{ m}^2$ koetavat pinda = 15 052 kWh/a. Kasutades energiatõhususarvu arvutamisel elektri ja sooja tarbevee soojendamise kuluridadel (Tabel 3) keskmisi väärtusi ja taastuvenergia osakaalu saavutaks hoone energiatõhususarvu 93, mis vastaks A energiatõhususklassile (Lisa 9), tulemus ilma taastuvenergia osakaaluta oleks $112 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Suurimad soojuskaod olid läbi avatäidete 36%, välisseinte 24%, keldripõranda 21%, külmasildade 10% ja katuslae 6%. Akende soojuslähivuse näitajate parandamisega vähenes soojakadude osakaal akende kaudu 4%, hoone neto kütteenergia vajadus vähenes rohkem kui 15 000 kWh aastas.

3.4 Soojustatud tarindi variant 3

Arvutusvariant number 3 teostati sooviga näha muutusi arvutustulemustes, kui muuta vaid ventilatsioonisüsteemi ja infiltratsiooni suurusi. Piirdetarindid jäeti arvutuses samaks, kui oli variandil number 2.1. Hoone infiltratsiooni suurus muudeti $1,5 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$, eelnevalt oli see vastavalt määrusele „hoone enegiatõhususe arvutamise metoodika“ $2,5 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$. Hoone ventilatsioonisüsteemiks määrati korteripõhised rootorsoojusvahetiga agregaadid, heitõhu minimaalseks temperatuuriks 0°C , süsteemi SFP 1,3 ja soojustagasti temperatuuri suhtarv 0,85. Kirjeldatud tehnilised näitajad on pigem väga hea ventilatsiooni seadmele vastavad. Rootorsoojusvahetid valiti nende madala heitõhu väärtuse tõttu, mis tähendab kindlasti energiasäästu. Süsteemi õhuvooluhulgaks määrati $0,42 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$, eelnevalt oli $0,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$. Parima tulemusega energiasimulatsioonis kasutatud joonsoojuslähivused on leitavad (Tabel 6). Need on samad, mis variandil 2.1. Simulatsioonis kasutatud välistarindite soojuslähivused on kirjeldatud (Tabel 8). Suurimad soojuskaod toimusid läbi akende (36,13%), välisseinte (23,78%), keldri põranda (21,33%), külmasildade (10,73%) ja katuslae (6,00%). Võrreldes variandiga number 2.1 suuri protsentuaalseid

erinevusi ei olnud. Dünaamilise soojuslevi arvutuses kasutatud lähteandmed on leitavad (Lisa 10). Arvutusest kogutud info põhjal saavutas hoone ilma taastuenergiata energiatõhususarvu 107 kWh/(m² · a), mis vastab energiatõhususklassile B (Lisa 11). Hoone energiamärgise tulemus vastavalt kasutades KEK arvutuste tarbimistulemusi ja taastuenergia osakaalu on kirjeldatud (Lisa 12). Hoone soojuskaod läbi tarindite ja külmasildade võrreldes versiooniga 2.1 ei vähenenud. Soojuskaod olid kokku 150 259 kWh/a – võrreldes variandiga number 2 on seda 421 kWh/a rohkem (Lisa 14). Märkimisväärselt vähenes ventilatsiooni õhu soojendamiseks kuluv energia, kokku 17 241 kWh/a (Lisa 15). Saab väita, et mõju hoone energiamärgise tulemusele on märgatav, kui kasutada korteripõhiseid ventilatsiooni seadmeid, millel on parem SFP väärtus ja vähendades infiltratsiooni suurust. Kirjeldatud näites oli erinevus 9 kWh/(m² · a) võrreldes variandiga number 2.1.

3.4.1. Soojustatud tarindi variant 3.1

Eelnevates arvutusversioonides on keldri põranda osakaal hoone soojuskadudest olnud keskmiselt üle 20%. Keldri põranda pindala on ca 815 m², mida on üle kahe korra vähem kui välisseinu. Seetõttu otsustasid autorid hinnata keldri põranda soojustamise mõju hoone neto kütteenergia vajadusele. Tavapärasem on rekonstrueerimise projektides näha keldri lagede soojustamist, kuna keldri lage käsitletakse hoone välistarindina ja keldrit mitte köetavate ruumidena. Tuleb aga arvesse võtta, et minimaalsed soojuskaod torustikest siiski keldrit kütavad. Kuna kortermajade keldrid on reeglina madalad, siis lagede soojustamine vähendab märkimisväärselt ruumide kõrgust veelgi. Mõistlik oleks võimalusel põrandal olev vana betooni kiht eemaldada, lisada soojustus ja valada peale uus betoonpõrand. Keldri põranda soojusläbivust parandati arvuni $U = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot K$. Hoone soojuskaod vähenesid võrreldes seni parima tulemusega 9916 kWh/a (Lisa 14). Võrreldes energiatõhususarve, kuhu sisse on arvestatud ka vabasoojused, oli keldri põranda soojustamise energiasääst võrreldes seni parima tulemusega 1 kWh/(m² · a), mis teeb kogu hoone ulatuses 1 kWh/(m² · a) · 3763 m² köetavat pinda = 3763 kWh/a. Kui võtta energiatõhususarvu arvutamisel kasutusele (Tabel 3) kirjeldatud kortermajade keskmised elektri- ja sooja tarbevee soojendamiseks kulunud energia tarbimise andmed ja taastuenergia osakaal, saavutaks hoone energiatõhususarvu 79, mis kuuluks energiatõhususklassi A (Lisa 13). Hoone netokütteenergia vajadus vähenes 4949 kWh võrra aastas.

Parima arvutustulemus saavutati versiooniga 3.1, kus väga suure muutuse tõi korteripõhise seadme kasutamine ja ka keldri põranda soojustamine. Versioonide 1 ja 2 soojuskadude erinevus on väga väike, mistõttu korteripõhiste seadmete puhul tasuks tõsiselt kaaluda, kas on vajalik ehitada soojapidavam sein kui versioonis 1. Kui kasutatakse fassadil paiknevaid ventilatsiooni torusid, siis

on versioon 2 kasutamine kindlasti põhjendatud. Versioonis 2.1 tuli selgelt välja akende märkimisväärne mõju soojuskadudele, kindlasti tuleks eelarve koostamisel mõelda väga soojapidavate akende kasutamist, kuna kortermaja välistarinditest moodustavad aknad märkimisväärse osa. Ka soojuskadudest moodustavad soojukaod läbi akende ca 40% terve hoone soojuskadudest. Versioonide 3 ja 3.1 tulemustest on selgelt näha ka keldri põranda soojustamise kasumlikkus lähtudes energiakulude vähenemisest.

3.5 Dünaamilise soojuslevi arvutustulemused, ETA+KEK väärtused.

All olevas tabelis on toodud dünaamilise soojuslevi arvutuste koondtulemused (Tabel 9). Tabelis olevad ruumide kütteks kuluv energiga ja ventilatsiooni õhu soojendamiseks kuluv energia on saadud dünaamilisest arvutusest. ETA väärtus on arvutatud vastavalt hoone energiatõhususe arvutamise metoodikale. ETA + KEK väärtused on arvutatud, lähtudes Akadeemia tee kortermajade keskmistest energiakuludest tarbevee soojendamisele, maagaasi tarbimisele ja elektri tarbimisele. Elektri väärtuste erinevused tulenevad ventilatsioonisüsteemide erinevusest. Elektrienergia väärtuste kirjeldamisel on kasutatud hoonete keskmist reaalselt elektritarbimist ja versioonides kirjeldatud ventilatsioonisüsteemide tarbimisi. Taastuvenergia suurused erinevad vastavalt tõtetud katuse (2 tsentraalset ventilatsiooni agregaat katusel) ja tõstmata katuse (ventilatsiooni agregaadid on korterites) tõttu, kuna tõtetud katustele mahub päikesepaneelide vähem. Taastuvenergia osakaal omatarbeks on arvutatud 55% kogu toodetud taastuvenergiast. Selgelt on näha erinevused, kus variandid 3 ja 3.1 saavad taastuvenergiast ca 46 % kogu hoone vajaminevast elektrienergiast, variandid 1, 2 ja 2.1 kõigest ca 30%.

Tabel 9. Dünaamilise arvutuse tulemused koos KEK andmetega

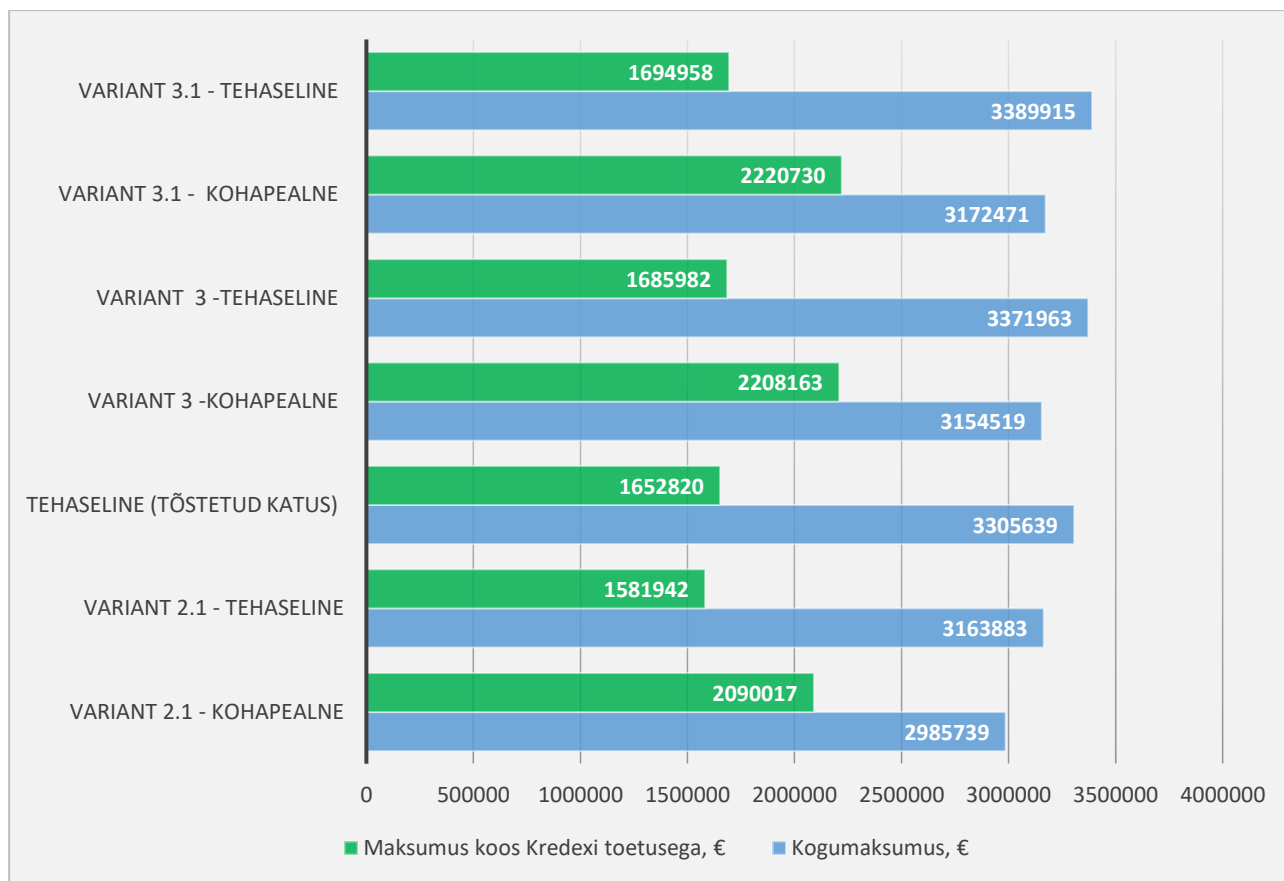
Pakett	Küttenenergia , kWh/m ² · a	Vent. õhu soojendamine , kWh/m ² · a	ETA, kWh/ m ² · a	ETA+KEK, kWh/m ² · a	Elekter, kWh/ m ² · a	Taastuvenergia omatarbeks, kWh/m ² · a
soojustamata hoone	115,3	0,0	168	164	25,0	0,0
versioon 1	24,0	7,9	120	116	32,9	9,8
versioon 2	23,2	7,8	120	116	32,9	9,8
versioon 2.1	19,0	7,8	116	112	32,9	9,8
versioon 3	19,1	3,2	108	104	30,3	13,9
versioon 3.1	17,8	3,2	107	103	30,3	13,9

4 PAKUTUD REKONSTUEERIMISLAHENDUSTE MAKSUMUS

Rekonstrueerimisprojektide maksumus on kompleksne näitaja, mida mõjutavad arvukad faktorid. Üks olulisemaid tegureid on projekti suurus ja keerukus. Suuremad projektid, mis hõlmavad laiaulatuslikku ruumi või keerukaid struktuure, nõuavad rohkem materjale, tööjõudu ja aega, suurendades seeläbi kogumaksumust. Samuti võivad keerulised projektid vajada spetsialiseeritud oskusi või tehnikaid, mis võivad samuti projekti maksumust tõsta.

Teiseks on oluline roll materjalide valikul. Kvaliteetsemad, vastupidavamad või keskkonnasõbralikumad materjalid on üldiselt kallimad, kuid võivad pikemas perspektiivis tuua kokkuhoidu tänu paremale vastupidavusele või väiksematele hoolduskuludele. Ka võivad mõned materjalid nõuda erilisi töövõtteid või tööriistu, mis võib suurendada tööjõukulusid. Tööjõukulud võivad suuresti varieeruda sõltuvalt kohalikust tööjõuturust, tööjõu kättesaadavusest ja konkreetsetest oskustest, mida projekt nõuab. Tööjõukulud hõlmavad nii otseste töötajate palku kui ka kulusid tööjõu värbamisele, koolitusele ja haldamisele. Projekteerimise ja planeerimise kulud on samuti olulised, sealhulgas tasud arhitektidele, inseneridele ja muudele spetsialistidele, kes aitavad projekti ette valmistada ja juhtida. Need kulud võivad hõlmata ka kulusid projektijuhtimisele, ajakava koostamisele ja riskianalüüsidele. Piirkondliku rekonstrueerimiste puhul on võimalik säästa üld- ja korralduslikelt kuludelt, kuid elementide tootmisel märkimisväärset säästu ei teki. Sääst tekib ca 25% vähemalt kahe või enama analoogse hoone tööprojekti koostamisel [10]. [11]

Ajakava mõjutab projekti maksumust oluliselt. Kiiremini lõpetatud projektid võivad vähendada mõningaid kulusid, nagu näiteks tellingu rendikulud, energiakulud või intressikulud, kuid võivad suurendada teisi kulusid, nagu ületunni töö või kiirendatud tellimuste kulud. Teisalt võivad viivitused või muudatused ajakavas projekti maksumust oluliselt suurendada. Akadeemia tee kortermajade puhul on autorite hinnangul võrdluses olevatest rekonstrueerimislahendusest eeltoodetud elementidega kiirem ja kulutõhusam lahendus. Ehitusmaksumuste arvestamisel käsitletakse peatükis 3 toodud variantidest variante 2.1 , 3, ja 3.1. All joonisel (Joonis 20) on toodud välja võrdlus eelarvetest erinevate rekonstrueerimisvõimaluste vahel. Joonis 20 põhineb (Tabel 10), kus on esitatud kohapealse ja tehaseliste elementidega ühe Akadeemia tee korterelamu tervikliku rekonstrueerimise ehituseelarved. All toodud joonisel ja tabelis on võetud arvesse Kredexi toetuse protsent, mis kehtib Tallinnas ning on 30% kohapealsel rekonstrueerimisel ning 50% eeltoodetud elementide kasutamisega [12]. Kõikide variantide puhul on esitatud summa enne ja pärast käibemaksu lisamist, Kredexi toetuse summa ning lõplik maksumus ühistule. Samuti on toodud köetava pinna 1 m² kohta maksumus iga variandi puhul.



Joonis 20. Maksumus Kredexi toetus maha arvatuna

Kõikide tabelis toodud võrdlustel on välistarindite soojapidavuse U-arvud ekvivalentsed ja soojustatud keldri põrand (Tabel 10). Koostatud võrdluse põhjal osutus kogumaksumuses odavamaks kohapealne rekonstrueerimine (2,99 milj € koos käibemaksuga) ning kõige kõrgem ehituseelarve hind tuli tehasele rekonstrueerimisel (3,38 milj € koos käibemaksuga), kus kasutatakse korteripõhiseid ventilatsiooniseadmeid ning lisaks keldri olemasoleva põranda soojustamine 50 mm XPS soojustusmaterjaliga. Võttes arvesse Kredexi toetuse, siis osutus parimaks tehases toodetud elementidega rekonstrueerimine (1,58 milj € koos käibemaksuga). Siiski tuleb nentida, et kohapealse rekonstrueerimise puhul on pikem tööde kestvus, millest tingitult mõjutavad ilmastikutingimused nii ehitustempot kui ka kvaliteeti võrreldes eeltoodetud elementidega rekonstrueerides. Kahjuks ei ole objektidel harv olukord, kus puudub tellingute ülemistelele korrustele paigaldatav katusekate, mis kaitseks välisseinu sademete eest, mistõttu seintele paigaldatavad villad märguvad. Kuumade päikesepaistelistel ilmadega on väga keeruline teostada ka soojustuse liimimise töid ning fassaadide krohvimise töid. See omakorda tekitab viivitusi ja ebamugavusi korteriomani keele.

Tabel 10. Ehituseelarvete võrdlus kohapealse rekonstrueerimise ja tehasealiste pakettide vahel (Lisa 16)

Nimetus	Variant 2.1 kohapealne	Variant 2.1 tehasealine	Tehasealine (tõstetud katus)	Variant 3 - kohapealne	Variant 3 - tehasealine	Variant 3.1 - kohapealne	Variant 3.1 - tehasealine
0 TELLIIJA KULUD, €	118482	125551	125551	118482	125551	118482	125551
1 VALISRAJATISED, €	149968	149968	163608	149968	149968	157448	157448
2 ALUSED JA VUNDAMENDID, €	26055	43575	43575	26055	43575	26055	43575
3 KANDETARINDID, €	354920	519504	519504	354920	519504	354920	519504
4 FASSAADIELEMENTID JA KATUSED, €	874751	825858	930348	852001	825858	852001	825858
5 RUUMITARINDID JA PINNAKATTED, €	243450	243450	243450	289850	289850	297330	297330
6 SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED, €	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
7 TEHNOSÜSTEEMID, €	614540	604540	604540	731540	731540	731540	731540
8 EHITUSPLATSI KORRALDUSKULUD	49400	66273	66273	49400	66273	49400	66273
9 EHITUSPLATSI ÜLDKULUD, €	51550	52850	52850	51550	52850	51550	52850
SUMMA, €	2488116	2636569	2754699	2628766	2809969	2643726	2824929
KM 20%	497623	527314	550940	525753	561994	528745	564986
SUMMA KOOS KÄIBEMAKSUGA, €	2985739	3163883	3305639	3154519	3371963	3172471	3389915
Kredexi toetus, €	895722	1581942	1652820	946356	1685982	951741	1694958
Maksumus ühistule, €	2090017	1581942	1652820	2208163	1685982	2220730	1694958
Kõetava pinna kohta, €/m²	555,41	420,39	439,23	586,81	448,04	590,15	450,43

Ülal toodud eelarvete tabeli (Tabel 10) kombinatsioonide hindade erinevuse põhjendused:

1. Kohapealne rekonstrueerimine variant 2.1 võrrelduna variant 2.1 tehases toodetud fassaadielementidega
 - a. erinevus +17 520 € alustel ja vundamentidel on tingitud tehaseelementide vinklite paigalduse vajadusest ning see omakorda mõjutab ka sokli soojustuse paksust;

- b. erinevus +164 584 € kandetarindites on tehaseelementide kallimast tootmis -ja paigalduskuludest;
 - c. erinevus -48 893 € on tingitud akende paigaldusest ja teipimisest, see töö teostatakse tehases ning sisaldub kandetarindites;
 - d. erinevus -10 000 € tehnosüsteemides on tingitud sellest, et fassaadi torustik on paigaldatud elemendi tootmise faasis ning sisaldub selles hinnas;
 - e. erinevus +16 873 € ehitusplatsi korralduskuludes on ehitustellingute asemel tõstukite kasutamisest ja ka elementide transpordist;
 - f. erinevus +1 300 € ehitusplatsi üldkuludes on tingitud täpse 3d laserskaneerimise andmetel koostatud tööprojekti koostamisest. samas tekkis sääst juhtimiskuludelt lühemast töö teostamise ajast.
2. Variant 2.1 tehase ja tõstetud katusega tehase (katuse tõstmine tehaselementidega põhjusel, et tehnosüsteemid koos vajalike hooldusaladega mahutada katuse alla , mistõttu jääks rohkem ruumi PV paneelidele).
- a. erinevus +13 640 € välisrajatistes on üleulatava betoonis räästa maha lõikamise kulu;
 - b. erinevus +104 490 € fassaadielementides ja katustes on ennekõike katuseelementide maksumus tõstetava osa võrra. Lisandus katusefermide maksumus. Samas vähenes hind SBS katusekatte ning ventilatsiooni jaotuskastide arvelt.
3. Variant 3 korteripõhiste ventilatsioonisüsteemidega kombinatsioon võrreldes tsentraalse lahendusega
- a. erinevus +54 400 € ruumitarindites ja pinnakatetes lisakulu on tekkinud ventilatsiooni kanalite jaoks karbikute ehitamisest ja viimistlemisest;
 - b. erinevus +127 000 € tehnosüsteemides on ventilatsiooni agregaatide maksumuse erinevusest ja paigaldustöödest korterites sees.
4. Variant 3.1 kombinatsioonis korteripõhiste agregaatidega lisandus keldri põranda isolatsioon 50 mm
- a. erinevus +10 880 € välisrajatistes on seotud olemasoleva keldri põranda lammutamisega;
 - b. erinevus +7 480 € ruumitarindid ja pinnakatted on tingitud soojusmaterjali hinnast ja paigaldusest.

5 TEHNOSÜSTEEMID

5.1 Küte

Hoone energiatõhususe parendamise seisukohast on küttesüsteemide rekonstrueerimine üks oluline aspekt. Ebaefektiivne küttesüsteem põhjustab suurt energiakadu. Akadeemia tee majade puhul ehitatakse välja kahetoruline radiaatorküttesüsteem ning lisatakse Tabel 10 toodud esimese kolme variandi puhul soojussõlmele soojusvaheti ventilatsiooni küttekalorifeeri teenindamiseks.

Küttesüsteemi rekonstrueerimisel tuleb pöörata suurt tähelepanu magistraalide soojustamisele. Kui torude soojuskadu suurendab kütteenergia tarbimist $7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot a)$ võrra, kuid samal ajal vähendab keldri sisemine soojuskoormus tarbimist $1/3$ võrra, siis kokkuvõttes suurendab see kütteenergia tarbimist $ca 5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot a)$ võrra. Kortermaja kütmata keldris, kus torustikud on halvasti isoleeritud, on keldri keskmine temperatuur $+16^\circ\text{C}$. Sellest tingituna mõjutab see ETA tulemust $>5 \text{ kW kWh}/(\text{m}^2 \cdot a)$. [13] Väga suurt mõju omaks peatükis 3.4.1 kirjeldatud keldri põranda soojustamine, mis vähendaks märkimisväärselt torustike poolt eraldatud soojuskadude liikumist läbi keldri põranda hoonealusesse maapinda. Hästi soojustatud keldripõranda puhul jääksid torustike poolt eraldatud soojused keldri ruumidesse püsima.

5.2 Ventilatsioon

Käesoleva lõputöö käigus on arvestatud (Tabel 10) toodud kolme esimese versiooni puhul tsentraalse plaatsoojusvahetiga ventilatsioonisüsteemiga. Eeltoodud lahenduse järgi paigaldatakse kaks agregaat tootlikkusega $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ koos peamagistraalidega katusele. Magistraalidest peavad jagunema harutorustikud võimalikult lühikese kanali pikkuse pealt jagamiskastidesse, kust omakorda hargnevad HDPE või metallist spiraalkanalitena piki fassaadielemente korteritesse. Väljatõmbe puhul võetakse kasutusele ka olemasolevad lõõrid. Tõstetud katuse puhul on autorite soov kasutada ära võimalikult palju katuse pindala päikesepaneelide jaoks. Autorid võrdlesid kahe tsentraalse ventilatsiooni agregaadiga ühe suurema tsentraalse agregaadiga kasutamist. Vaba katusepinna võit oli 4 päikesepaneeli rohkem ehk 160 tk katusele, kasutades kahte ventilatsiooni agregaat. Tõstetud katuse puhul on maksimaalne paneelide koguarv katusel 169 tk.

Tabel 10 nelja viimase kombinatsiooni puhul on nähtud ette korteritepõhised ventilatsiooniseadmed. Selle paketi kõige suurem väljakutse on seadme, õhuvõtu ja väljaviske kanalite asukoht ja läbiviigid. Võimalik on planeerida väljaviske olemasolevate lõõride kaudu katusele ning õhuvõtt fassaadilt.

Parim lahendus kasutaja seisukohast on ventilatsiooni vajaduspõhine juhtimine, mis variant 3 ja 3.1 puhul on täidetud, kuid katusel asuva tsentraalse ventilatsioonisüsteemiga kombinatsioonide puhul nõuaks täiendavaid kulusid andurite ja VAV-või ON/OFF-klappide näol. Lõputöö koostamise käigus selgus, et turul on vähe seadmeid, mis oleks nii mõõtmetelt kui ka tootlikkuselt sobivad $0,42 \text{ l/s m}^2$ õhuhulgale korteri kohta. Tulevikuootus võiks olla spetsiaalselt rekonstrueerimist vajavate kortermajadele disainitud kompaktsed agregaadid, mille peakanal võiks olla mitte suurem kui 125 mm läbimõõduga.

Korteripõhise ventilatsioonisüsteemi plussid:

- on võimalik paigaldada fassaadielemente kiiremini, kuna ei ole elementides paiknevaid ventilatsioonitorusid, mida oleks vaja ühendada;
- võimalik on kasutada rootorsoojusvahetiga ventilatsioonisüsteemi, mis on energiasäästlikum kui plaatsoojusvahetiga ventilatsioonisüsteem;
- ei ole vaja ehitada tõstetud katuseid, et paigaldada ventilatsioonitorustiku peamagistraale;
- on võimalik kasutada kogu katusepinda päikesepaneelide paigaldamiseks. Tsentraalse katusel paikneva tsentraalse seadme puhul on vajalik jätta ka teenindamisruumid ümber seadme;
- individuaalne kontroll korteri tasandil: korteripõhine ventilatsioonisüsteem võimaldab korteri elanikel individuaalselt reguleerida oma ventilatsiooniseadeid vastavalt oma eelistustele ja vajadustele. See annab suurema kontrolli siseõhu kvaliteedi ja energiatarbimise üle, võimaldades elanikel kohandada ventilatsiooni vastavalt nende elustiilile ja mugavustasemele;
- energiatõhususe miinimumnõuete järgi võib korteripõhise seadme õhuvooluhulk olla minimaalselt $0,42 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$, tsentraalse seadme puhul peab see olema minimaalselt $0,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$. Akadeemia tee 22 hoone puhul tähendab see $3830 \text{ m}^2 \cdot 0,08 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2 = 306,5 \text{ l/s}$ õhuvoolu hulga erinevust [9];
- seadme rikke korral on ventilatsioon puudulik ainult ühes korteris, mitte terves kortermajas.

Korteripõhise ventilatsioonisüsteemi miinused:

- raske on saavutada Kredexi nõuetele vastavat korteris nõutavat mürataset 25 db(a);
- keeruline on leida seadmele asukohta;
- korteri elanikele on ehitusperiood väga ebamugav, on palju puurimist ja tolmutamist;
- korteri ilme muutub, kuna ehitatakse torustike ümber karbikud;
- on oht, et korterisse satub suurem välismüra kanalite kaudu;

- kuna torude isolatsioonid paigaldatakse reeglina võimalikult õhukesed, ning ruumide õhuniiskuse tasemed võivad olla kõrged (näiteks vannituba läbival torustikul), siis on ka suurem oht kondensaadi tekkeks;
- suurem hooldamiskulu seadme omanikule;
- suurem soetamiskulu ja lisakulu korterisisestele töödele;
- jääb alles variant, et elanikud lülitavad seadme välja ning jätkavad ruumide õhutamist akendega;
- elektrienergia tarbimine: korteripõhine ventilatsioonisüsteem kasutab elektrienergiat lisaks ventilaatorite ja soojusvaheti töös hoidmisele ka eelküttekalorifeeri soojendamisel. See võib suurendada korteri elektrienergia tarbimist ning tõsta energiakulusid;
- kõikide korterite elanike jaoks on vaja läbi viia koolitus, mis hõlmab seadme käitamist erinevatel kiirustel, häirete käitlemist, graafikul põhinevat tööd jms.

5.3 Vesi ja kanalisatsioon

Vee- ja kanalisatsioonisüsteemide renoveerimine on samuti oluline. Vanade veetorustike asendamine uutega vähendab lekkeid ning parandab veekvaliteeti. Kanalisatsioonisüsteemi uuendamine, võttes arvesse hoonete spetsiifilist eripära, võimaldab märkimisväärset energiasäästu kanalisatsiooni soojusvahetite kasutuselevõtuga. Kanalisatsioonis voolava reovee soojuse taaskasutamisega on võimalik vähendada näiteks sooja tarbevee tootmiseks kuluvat energiat. Samas tuleb arvestada selliste seadmete projekteerimisel paljude teguritega. Näiteks, kui vooluhulk ja temperatuur kanalisatsioonis erineb projekteeritud väärtustest, siis võib jääda kuluefektiivsuse eesmärk saavutamata. Samuti üheks selliseks probleemiks on bakterite ja mikroorganismide kasvu soodustamine soojusvahetite pindadel, mis võib põhjustada ummistusi ja vähendada soojusvahetuse efektiivsust. Seetõttu on vajalik lisada spetsiaalseid kemikaale, et vältida biofilmi teket ja hoida süsteemi töökorras. Selliste kemikaalide lisamine suurendab süsteemi üldist hoolduskulu ja vähendab majanduslikku tasuvust. Veel üks aspekt on kanalisatsiooni soojusvahetite paigaldamise keerukus. Kortermaja rekonstrueerimise käigus võib kanalisatsiooni soojusvahetite integreerimine olemasolevasse süsteemi nõuda olulist ümberkujundamist ja täiendavaid investeeringuid. Seetõttu tuleks hoolikalt hinnata, kas selline uuendus on antud hoone jaoks tõesti otstarbekas ja tasuv. Tasub kaaluda soojusvahetite kasutamise potentsiaali vanade kortermajade rekonstrueerimisel. Selle tehnoloogia eelised on ilmsed, kuid on oluline võtta arvesse sellega kaasnevaid väljakutseid ja kulusid. Lõppkokkuvõttes on kanalisatsiooni soojusvahetite sobivus igale konkreetses kortermajale

individuaalne otsus, mis põhineb hoone eripäradel, rekonstrueerimise eesmärkidel ja olemasolevatel ressurssidel. [14]

5.4 Mõõdistused

Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide korrektne seadistamine on korterelamu jaoks äärmiselt oluline. See mõjutab otseselt elanike elukvaliteeti, hoone energiatõhusust ja pikemaajalist vastupidavust:

- elukvaliteet: õigesti seadistatud kütte- ja ventilatsioonisüsteemid tagavad mugava ja tervisliku elukeskkonna. Küttesüsteem peaks hoidma temperatuuri konstantsena ja sobival tasemel, samas ventilatsioonisüsteem tagab värske õhuvahtuse ja niiskuse kontrolli, aidates vältida hallituse ja liigse niiskuse tekkimist;
- energiasääst: hästi seadistatud süsteemid kasutavad energiat efektiivselt. Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide üle- või alakütmine või -ventileerimine võib põhjustada märkimisväärset energiakulu. Seega aitab korrektne seadistamine vähendada energiakasutust ja seeläbi ka hoone ülalpidamiskulusid;
- hoone vastupidavus: süsteemid, mis ei tööta optimaalselt, võivad põhjustada pikaajalisi probleeme hoonele, nagu näiteks konstruktsioonikahjustused liigse niiskuse tõttu või ebapiisav kütmine, mis võib mõjutada hoone ehitusmaterjale.

Seega, kütte- ja ventilatsioonisüsteemide seadistamine ei ole ainult tehniline protseduur, vaid hädavajalik samm korterelamu haldamisel, millel on pikaajalised mõjud hoone ja selle elanike heaolule.

Üks suurimaid väljakutseid kütte- ja ventilatsioonisüsteemide mõõdistamisel on erapooletuse tagamine. Sõltumatu mõõtelabori tellimine on samm õiges suunas, kuid kuna tellija on enamasti süsteemi ehitaja, mitte hoone kasutaja, võib erapooletuse tagamine olla mõjutatud tehnosüsteemide ehitaja poolt. On oluline, et kõik osapooled mõistaksid, et objektiivsed ja täpsed mõõtmistulemused on lõppkokkuvõttes kasulikud kõigile, aidates tagada süsteemide optimaalse toimimise ja energiatõhususe. Eriti oluline on see hoone rekonstrueerimise kontekstis, kus energiatõhusus on üks peamisi eesmärke. Siin ei saa alahinnata tehnosüsteemide korrektset seadistamist ja mõõdistamist. Nende tegurite tähelepanuta jätmine võib põhjustada energia raiskamist ja vähendada hoone üldist tõhusust, isegi kui kõik muud rekonstrueerimistööd on tehtud korrektselt. Sellepärast on vajalik leida lahendusi, mis tagaksid mõõtmiste objektiivsuse ja täpsuse, ning tagada, et need toimuvad professionaalse ja erapooletu järelevalve all.

Täiendavalt on soovitatav hoone omanikul või haldajal kaaluda lisaks sõltumatute kontrollmõõtmiste tellimist. See tähendab, et pärast esialgset mõõtmist, mille organiseerib süsteemi ehitaja, tellitakse teine, sõltumatu osapool, et teostada kontrollmõõtmised. Kontrollmõõtmised aitavad tagada süsteemide korrektse töö ja annavad lisakindlust, et kõik seadistused on korrektsed. Samuti aitab see tuvastada võimalikke vigu või puudujääke esialgses mõõtmises, mis võivad mõjutada süsteemi tõhusust ja energiasäästu. Kontrollmõõtmised ei ole kohustuslikud, kuid need on olulised sammud, et tagada hoone energiatõhusus ja süsteemide optimaalne töö. Lõppkokkuvõttes võivad need säästa raha, vähendades energiakulusid ja ennetades tulevasi probleeme, mis võivad tekkida süsteemide valest seadistamisest. Seega, hoolimata lisakuludest, on kontrollmõõtmised kasulikud ja sageli kulutõhusad investeeringud, mis aitavad tagada hoone kütte- ja ventilatsioonisüsteemide tõhusa ja probleemivaba toimimise.

6 PÄIKESEPANEELID

Hoone energiakulude vähendamiseks on mõitlik kasutada taastuenergiast saadavat energiat. Kortermajade juures on kaks peamist võimalust päikesepaneelid ja päikesekollektorid. Käeolevas töös käsitletakse päikesepaneelidest saadavat taastuenergiat. Kirjeldatakse päikesepaneelide paigaldamise võimalusi ja paneelide tootlikkuse muutust vastavalt paigaldussuunale. Taastuenergia tarbimisega peab arvestama, et mingi osa taastuenergiast ei pruugi olla võimalik ära kasutada, kuna hoone energiatarbimine ei ole ühtlane. Tuleks kaaluda üle jääva energia tagasimüümist elektrivõrku või salvestusseadmete paigaldamist. Käesolevas töös on eesmärgiks paigaldada hoonele koguvõimsusega 200 kW päikesepaneeli. Kuna kirjeldatud võimsus on väga suur, tuleks pigem kaaluda ülejääva energia müümist elektrivõrku, mitte salvestusseadmete paigaldamist.

6.1 Päikesepaneelide poolt toodetud aastase elektrienergia arvutus

Päikesepaneelidega aastas toodetud elektrienergia arvutatakse valemiga (24) [8];

$$E_{pan} = \frac{Q_{päike} \cdot P_{max} \cdot k_{kas}}{I_{ref}} \quad (24)$$

- kus E_{pan} - Päikesepaneeliga toodetud aastane elektrienergia, kWh/a;
 $Q_{päike}$ - Päikesepaneelile tulev aastane päikeseenergia, kWh/a;
 P_{max} - Päikesepaneeli maksimaalne võimsus standardtingimustel kW/m²;
 k_{kas} - Tegur, mis arvestab päikesepaneeli kasutustingimusi;
 I_{ref} - Standardkiirgus, 1kW/m².

Päikesepaneelide kasutustingimustes on arvestatud intensiivse tuulutusega, mis vastab väärtusele 0,8 [8]. Katusele paigaldatud päikesepaneelidega aastas toodetud elektrienergia vastavalt valemile (24) on;

$$E_{pan} = \frac{1068 \cdot 0,46 \cdot 0,8}{1} = 393 \text{ kWh/a.}$$

Päikesepaneeli pinnale tulev aastane päikeseenergia arvutatakse valemiga (25) [8];

$$Q_{päike} = 945 \cdot k_{suund} \quad (25)$$

- kus 945 - Horisontaalpinnale tulev aastane päikesekiirgus, kWh/(m² * a);
 k_{suund} - Suunategur, mis arvestab päikesepaneeli suunatust ilmakaare ja horisondi suhtes

Katusel olevale päikesepaneeli pinnale tulev aastane päikesenergia vastavalt valemile (25) on;

$$Q_{päike} = 945 * 1,13 = 1068 \text{ kWh/a.}$$

6.2 Paneelide paigaldus katusele

Päikesepaneelide kõige tootlikumad paigalduse suunad on kuni 30° läände ja kuni 15° kraadi itta (0 kraadi suund asub lõunas), kaldenurgaga 30°- 45° [15, p. 31]. Päikesepaneel on Akadeemia tee 22 kortermajale võimalik paigaldada lamekatusele pindalaga 905 m². Hoone katusele paigaldatavad päikesepaneelid on võimalik suunata lõunasse, paneelide mahutavuse eesmärgil on mõistlik paigaldada paneelid 15° nurga alla, mistõttu on võimalik paigaldada 15% rohkem paneele kui 30° nurga all. Kui kasutada ventilatsiooniseadmeteta katuse pinda, on võimalik paigaldada 15° nurga all 201 päikesepaneeli nimivõimsusega 92,46 kW. Paneeli nädisena kirjeldatakse „Dah Solar“ 460W võimsusega päikesepaneeli mõõtudega 1903·1134·30 mm [16]. Paneelide tootlikkuse arvestamisel tuleb lähtuda infost, et paneelide suunategur 15° paigaldusnurgaga on 1,13 ([8]). Sama kaldenurgaga on võimalik rõdude katustele paigaldada päikesepaneel 8 tk nimivõimsusega 3,68 kW. Oluline on vältida varjude sattumist paneelidele, seetõttu on vajalik paigaldada paneelid kindlaks määratud vahega. Mõistlik on arvestada päikesepaneelide paigaldusel varjude tekkimisega päikese asetsemisel 30° nurga all [17, p. 52]. Sellisel juhul peab arvestama, et tekkiva varju pikkus horisontaalsele katusepinna võrdub 1,75 kordse päikesepaneeli kõrgeima tipu ja katuse pinna kõrgusega. Kui näiteks paigaldada ühe meetri kõrgune päikesepaneel 15° nurga all lamekatusele, tekib paneeli kõrgema tipu ja katusekatte vaheliseks kõrguseks 0,259 m. Päikesepaneelist tekkiva varju pikkus on $0,259 \cdot 1,75 = 0,45$ m. On kindlaks tehtud, et varjude sattumine paneelidele moodustab ca 33% kõikidest paneelide tootmiskadudest [18, p. 814]. Kokku on võimalik paigaldada katusele 209 päikesepaneeli, mille aastane toodetud energia ideaalsetes tingimustes vastavalt peatükis 6.1 toodud arvutuskäigule on 82 137 kWh. Kui hoone katusele planeeritakse paigaldada kaks tsentraalset ventilatsiooniseadet, on võimalik katusele paigaldada maksimaalselt 169 päikesepaneeli, mille aastane energiatootlikkus ideaaltingimustel on 66 114 kWh..

6.3 Paneelide paigaldus fassaadile

Paneele on võimalik paigaldada lõunasuunal asuvale otsaseinale pindalaga 172 m². Maksimaalselt on võimalik otsaseinale paigaldada nelja korruse ulatuses 54 paneeli nimivõimsusega 24 840 W. Fassaadile paigaldatavate paneelide tootlikkuse arvestamise juures tuleb arvutustes kasutada paneelide suunategurit 0,93 ([8, p. Tabel 16]). Paneele ei ole mõistlik paigaldada fassaadile esimese

korruse kõrgusele, kuna need oleksid vastasel juhul väga kergesti kättesaadavad ja rikutavad vandaalitsejatele. Vastavalt peatükis 6.1 toodud arvutuskäigule koos korrigeeritud suunateguri ja kasutusingimuste teguriga on ühe paneeli maksimaalne aastane energiatootlikkus 283 kWh. Kokku on võimalik aastas ideaaltingimustel lõunafassaadil toota 15 282 kW energiat.

Kortermaja eesmärgi, 200 kW võimsuse saavutamiseks on vajalik paigaldada paneele ka lääne- ja idasuunda jäävale fassaadile ja ka rõdude lõunapoolsetele külgedele. Läänepoolsele fassaadile on võimalik paigaldada 104 paneeli nimivõimsusega 47,84 kWh. Vastavalt peatükis 6.1 toodud arvutuskäigule koos korrigeeritud suunateguri ja kasutusingimuste teguriga on ühe päikesepaneeli maksimaalne aastane energiatootlikkus 201 kWh. Kokku on võimalik läänepoolsele fassaadile paigaldatud päikesepaneelidega toota ideaaltingimustes 20 904 kWh energiat aastas.

Rõdude lõunapoolsetele külgedele on võimalik paigaldada neljale korrusele kokku 64 päikesepaneeli maksimaalse nimivõimsusega 29,44 kWh. Vastavalt peatükis 6.1 toodud arvutuskäigule koos korrigeeritud suunateguri ja kasutusingimuste teguriga on ühe päikesepaneeli maksimaalne aastane energiatootlikkus 283 kWh. Kokku on võimalik rõdude lõunapoolsele fassaadile paigaldatud päikesepaneelidega toota ideaaltingimustes 18 112 kWh energiat aastas.

Hoone idafassaadile on mõistlik paigaldada päikesepaneele vaid kolmele ülemisele korrusele, kuna alumistele korrustele varjab päikese ära kõrval olev kortermaja. Kolmele korrusele on võimalik paigaldada 68 päikesepaneeli nimivõimsusega 31,28 kW. Vastavalt peatükis 6.1 toodud arvutuskäigule koos korrigeeritud suunateguri ja kasutusingimuste teguriga on ühe päikesepaneeli maksimaalne aastane energiatootlikkus 213 kWh. Kokku on võimalik idapoolsele fassaadile paigaldatud päikesepaneelidega toota ideaaltingimustes 14 484 kWh energiat aastas. Maksimaalsed nimivõimsused ja paneelide suunategurid on näidatud all olevas tabelis (Tabel 11).

Tabel 11. Päikesepaneelide summaarsed nimivõimsused paigaldussuundade järgi

Tarindi suund	Suunategur	Nimivõimsus, kW	Aastane toodetud päikeseenergia, MWh/a
Tõstmata katus + rõdude katused	1,13	96,14	82,137
Tõstetud katus + rõdude katused	1,13	77,74	66,114
Lõunapoolne fassaad	0,93	24,84	15,282
Läänepoolne fassaad	0,66	47,84	20,904
Idapoolne fassaad, ülemised 3 korrust	0,70	31,28	14,484

Tarindi suund	Suunategur	Nimivõimsus, kW	Aastane toodetud päikeseenergia, MWh/a
Kokku tõstmata katusega		233,54	150,919
Kokku tõstetud katusega		215,14	134,896

Vastavalt (Tabel 3) toodud keskmisele energiatarbimise infole on kortermaja aastane elektrienergia tarbimine 94,075 MWh. Kui tõstetud katusega hoone katusele ja fassaadidele paigaldatud päikesepaneelid saaksid toota energiat ideaaltingimuses, siis oleks vajalik müüa aastas võrku tagasi minimaalselt 40,821 MWh elektrienergiat, mis on ligikaudu 30% aastasest taastuvenergia tootmisest – hoone enda tarbimine oleks aasta lõikes kaetud. Tegelikult talvekuudel paneelide tootlikkus on väga madal ja suvekuudel tuleb olla valmis müüma oluliselt rohkem elektrienergiat võrku tagasi. Tõstmata katusega hoone puhul oleks aastane võrku müüdav elektrienergia kogus 56,844 MWh, mis moodustab ligikaudu 38% aastasest taastuvenergia tootmisest. Lõputöös on kortermaja energiamärgiste arvutamises on kasutatud taastuvenergiana ainult katusepaneelide poolt toodetud päikeseenergiat mida on arvestatud omatarbena 55% ulatuses. Tõstetud katusega teeb see kokku 45,175 MWh energiat aastas, mis moodustab Akadeemia tee kortermajade keskmisest tarbitud elektrienergia kogusest 48%. Tõstmata katuse puhul on aastane taastuvenergiakogus 55% ulatuses 83 MWh, mis moodustab hoonete keskmisest tarbitud aastasest elektrienergiast 88%.

Ida – ja läänefassaadidele paigaldatavate päikesepaneelide tootlikkuse täpsetes arvutustes tuleb arvestada ka hoone enda poolt põhjustatud varjudega. Läänepoolsele fassaadile paneelide paigaldamisega, tuleb arvestada olemasolevate läänepoolse haljastusega, mis tekitab teatud lõikudes fassaadile varjestuse. Hoone lääneküljel olemasolevad puud katavad lehtes olles märkimisväärse osa läänepoolsest fassaadist (Foto 6). Ränibaasil päikesepaneelid kaotavad oma tootlikkuses keskmiselt 1% kui on toimunud õhutemperatuuri muutus 1 °C [19, p. 3]. Norm tootlikkus on paneelidel + 25 °C juures. Mõistlik on kaaluda katuse katmiseks katusekattematerjale mis võimaldaksid hoiduda soojuse akumulatsioonist. Tumedat värvi rullkatusekatte materjalides neeldub päikeseenergia ning pinnatemperatuur tõuseb kiiresti, mis omakorda kiirgab kuumust ka päikesepaneelidele, vähendades sellega paneelide tootlikkust. Heleda kattega katusekattematerjali ei neeldu suurel määral päikese kiirgust ning pinnatemperatuuri tõus on oluliselt väikesem. Selliseid lahendusi pakub näiteks IKO Carrara tooted [20].



Foto 6. Lehtpuude varjestus läänepoolsel fassaadil

7 REKONSTRUEERIMISE LAHENDUSE KULUEFEKTIIVSUS

All tabelis (Tabel 12) on toodud välja olemasolevate hoonete kaalutud energiakasutuse keskmise järgi (Tabel 3) kulud, mis muutuvad rekonstrueerimise järgselt paremaks. Võrdlus ei sisalda gaasi kasutust, kuna seda kulub söögi tegemiseks ning piirete rekonstrueerimine tarbimise osakaalu ei vähenda. Tabelis toodud kütteenergia hind on võetud Utilitase veebilehelt Tallinn ja Maardu võrgupiirkonna aprillis kehtiv müügihind 89,68 € MWh ning sellele on lisatud käibemaks [21]. Elektrienergia hind on võetud Eesti Energia AS veebilehelt Kindel 6 fikseeritud pakett hinnaga 142,9 € MWh, hinnas sisaldub käibemaks [22]. Elektri hinnale on lisatud Elektrilevi OÜ veebilehelt võrgutasu hind paketi Vörk 1 alusel 86,5 € MWh, käibemaks sisaldub hinnas [23]. Esitatud arvutustes ei ole arvesse võetud kuutasusid. Päikesepaneelide puhul on arvestatud kogutootlikkusest 55% omatarvet eeltoodud elektri hinnaga ning võrku müümisel 45% tootlikkusest, müügihinnaga 40 € MWh (110 € MWh – 70 € MWh teenusepakkuja marginaal). Vaatamata sellele, et ehituseelarvetes ja eelmises peatükis käsitleti päikesepaneelide paigaldamist ka fassaadidele ja muudele hoone osadele, siis antud arvestus on tehtud ainult katusele mahtuvate paneelidega.

Tabel 12 on esitatud erinevate kütte- ja energiakasutuse stsenaariumide võrdlus keskmises Akadeemia tee kortermaja jaoks. Käsitletud on olemasolevat olukorda ja nelja võimalikku rekonstrueerimisvarianti. Kõik need variandid hõlmavad erinevaid tehnoloogilisi ja ehituslikke lahendusi, millel on erinev mõju hoone energiaefektiivsusele, küttekuludele ja taastuvenergia tootlikkusele:

- olemasolev olukord: praegu kulutab hoone aastas 132,10 kWh/m² kütteenergiat kütmiseks ja ventilatsiooniks ning 28,60 kWh/m² sooja tarbevee tootmiseks. Lisaks kulub 25,50 kWh/m² valgustusele ja seadmetele. Hoone ei kasuta praegu taastuvenergiat (PV-paneelid puuduvad). Energia kogukulu on 23,14 €/m²;
- versioon 2.1 - kohapealne/Tehaseline rekonstrueerimine: kütteenergia kasutus väheneb märkimisväärselt 26,80 kWh/m²-ni aastas, samas kui soe tarbevesi ja valgustuse/seadmete energia kasutus jäävad samaks. Paigaldatakse PV-paneelid, mis toodavad aastas 61,31 MWh energiat. Selle tulemusel vähenevad hoone kulud 4,67 €/m²-ni, säästes 18,47 €/m² ja vähendades energiakulusid 80%;
- tehaseline rekonstrueerimine (tõstetud katus): stsenaarium on sarnane eelmisele, kuid PV-paneelide aastane tootlikkus on suurem, 66,42 MWh/a, mis vähendab kulusid veelgi, 3,93 €/m²-ni, säästes 19,21 €/m² ja vähendades energiakulusid 83%;

- versioon 3 - kohapealne/tehaseline rekonstrueerimine (korteripõhine vent): selle stsenaariumi korral väheneb kütteenergia kasutus veelgi, 22,30 kWh/m²-ni aastas. PV-paneelide aastane tootlikkus suureneb veelgi, 80,57 MWh/a. Selle tulemusel vähenevad kogukulud 1,41 €/m²-ni, säästes 21,73 €/m² ja vähendades energiakulusid 94%;
- versioon 3.1 - kohapealne/tehaseline rekonstrueerimine (korteripõhine vent + keldri põrand): See stsenaarium on sarnane eelmisele, kuid lisaks soojustatakse keldri põrand, mis vähendab kütteenergia kasutust veelgi, 21,00 kWh/m²-ni aastas. Kogukulud vähenevad 1,27 €/m²-ni, säästes 21,87 €/m² ja vähendades energiakulusid 95%.

Tabel 12. Variantide võrdlus soojusenergia rahalisele kulule m² kohta

Nimetus	Kütteenergia (küte, vent)		Soe tarbevesi		Valgustus ja seadmed		Taastuvenergia: PV paneelid katusel		Kulud kokku 1 m ² köetava pinna kohta	Sääst, €/m ²	Erinevus %
	Energia-kasutus, kWh/(a·m ²)	Kaugküte €/m ²	Energia-kasutus, kWh/(a·m ²)	Kaugküte, €/m ²	Energia-kasutus (kWh/(a·m ²))	Elektrikulu, €/m ²	Aastane tootlikkus, MWh/a	Omatarve ja võrku müüdnud, €			
Olemasolev	132,10	14,22	28,60	3,08	25,50	5,85	0,00		23,14		
Variant 2.1 - Kohapealne/Tehaseline	26,80	2,88	28,60	3,08	32,90	7,55	61,31	8,84	4,67	18,47	-80%
Tehaseline (tõstetud katus)	26,80	2,88	28,60	3,08	32,90	7,55	66,42	9,58	3,93	19,21	-83%
Variant 3 - Kohapealne/tehaseline (korteripõhine vent)	22,30	2,40	28,60	3,08	32,90	7,55	80,57	11,62	1,41	21,73	-94%
Variant 3.1 - Kohapealne/tehaseline (korteripõhine vent + keldri põrand)	21,00	2,26	28,60	3,08	32,90	7,55	80,57	11,62	1,27	21,87	-95%

(Tabel 13) annab ülevaate erinevatest kombinatsioonidest rekonstrueerimisprojektide kogumaksumusest, energiakulust, säästust ning muudest seonduvatest kuludest. On oluline, et valitud lahendused oleksid kulutõhusad - see tähendab, et need peaksid pakkuma suurimat võimalikku säästu tehtud investeeringutele. Järgnevalt on analüüsitud erinevaid (Tabel) toodud lahendusi:

1. olemasolev: See on praegune olukord, milles ei ole tehtud ühtegi investeeringut ega parandust. Energiakulu on suurim, 87 089 € aastas, mida ei kompenseeri ükski sääst või toetus;
2. versioon 2.1 - kohapealne: on rekonstrueerimislahendus, kus tehakse kohapealne rekonstrueerimine. Kogumaksumus on 2 985 739 €, millest maha arvates Kredex toetuse jääb maksumuseks 2 090 017 €. Aastane energiakulu on oluliselt väiksem kui olemasoleval, 17 575 €, mis tähendab aastas 69 515 € suurust säästu;

3. versioon 2.1 - tehaseline: rekonstrueerimislahendus, kus kasutatakse tehases valmistatud elemente. Kogumaksumus on 3 163 883 €, millest maha arvates Kredex toetuse jääb maksumuseks 1 581 942 €. Energiakulu ja sääst on samad nagu kohapealse lahenduse puhul;
4. tehaseline (tõstetud katus): lahendus, mis on sarnane tehaselisele, kuid hõlmab ka katuse tõstmist tehases toodetud paneelidega eesmärgiga mahutada võimalikult palju ventilatsioonisüsteemi kanaleid katuse alla ning jätta pinda päikesepaneelidele. See suurendab projekti kogumaksumust, kuid vähendab energiakulu, mis suurendab aastasäästu 72 286 € olemasoleva olukorraga võrreldes;
5. versioon 3 - kohapealne (korteripõhine vent): hõlmab kohapealset rekonstrueerimist koos korteripõhise ventilatsiooniga. See suurendab projekti kogumaksumust, kuid vähendab oluliselt energiakulu, mis suurendab aastasäästu 81 784 € olemasolevaga võrreldes;
6. versioon 3 - tehaseline (korteripõhine vent): lahendus on sarnane tehaselisele, kuid tsentraalse ventilatsiooni asemel on korteripõhine, mille tulemusel väheneb energiakulu samuti 81 784 €;
7. versioon 3.1 - kohapealne (korteripõhine vent+keldri põrand soojustatud): hõlmab kohapealset rekonstrueerimist, korteripõhist ventilatsiooni ja keldripõranda soojustamist. See suurendab projekti kogumaksumust, kuid vähendab veelgi energiakulu 82 310 € aasta kohta;
8. versioon 3.1 - tehaseline (Korteripõhine vent+keldri põrand soojustatud): sisaldab tehases eeltoodetud elementidega fassaadi rekonstrueerimist, korteripõhist ventilatsiooni ja keldripõranda soojustamist. Kõige suurema kogumaksumusega, kuid sealjuures kõige kulutõhusam lahendus. Vaatamata suurele investeeringule, on selle projekti energiakulu aastas kõige madalam ja sääst võrreldes praeguse olukorraga kõige suurem. See tähendab, et pikas perspektiivis võib see valik olla kõige kulutõhusam. Sellest tulenevalt on ka maksumus köetava ruutmeetri kohta on kõige väiksem, muutes selle valiku atraktiivseks elanikele;

Tabel 13. Kulutõhususe analüüsi arvutused

Nimetus	Kogumaksumus koos 20% KM, €	Maksumus, € (Kredex toetus maha arvatud)	Energiakulu kokku, €/a	Sääst, €/a	Laenumakse koos 5% intressiga, €/a	Maksumus köetav m², €	Keskmise 44 m² korteri kohta kuus
Olemasolev	0	0	87089	0	0	23,14	84,86
Kohapealne	2985739	2090017	17575	69515	134635,92	40,45	148,31
Tehaseline	3163883	1581942	17575	69515	101907	31,75	116,42
Tehaseline (tõstetud katus)	3305639	1652820	14803	72286	106472	32,23	118,17
Kohapealne (korteripõhine vent)	3154519	2208163	5305	81784	142247	39,21	143,77
Tehaseline (korteripõhine vent)	3371963	1685982	5305	81784	108609	30,27	111,00
Kohapealne (korteripõhine vent+keldri põrand soojustatud)	3172471	2220730	4779	82310	142652	39,18	143,66
Tehaseline (Korteripõhine vent+keldri põrand soojustatud)	3389915	1694958	4779	82310	108898	30,21	110,77

Analüüsi andmete alusel lihttasuvuse arvutamine:

Kõige lühema lihttasuvusajaga on versioon 3.1 tehaseline (korteripõhine vent + keldri põranda soojustus). Lihttasuvusaeg: $1\,694\,958\text{ €} \div 82\,310\text{ €} \approx 21$ aastat.

Kõige pikema lihttasuvusajaga on versioon 2.1 kohapealne rekonstrueerimine. Lihttasuvusaeg: $2\,090\,017\text{ €} \div 69\,515\text{ €} \approx 30$ aastat.

KOKKUVÕTE

Akadeemia tee kortermajade sisekliima uuringud viitasid selgele vajadusele tegeleda nendes majades ulatuslike rekonstrueerimistöödega. Uuringutes oli selgelt eristatav suur CO₂ kontsentratsioon, mis viitab puudulikule õhuvahetusele korterites. Läbi temperatuuri indekse arvutuste oli enamikes korterites selged hallituse ohud, mis viitab soojuslikult kehvadele piirdetarinditele ja avatäidetele. Oli ka kortereid, kus päikese poolt põhjustatud vabasoojused tekitasid ruumis kiire temperatuuri tõusu, kohati lausa +4 °C vähem kui ühe tunniga.

Hoonete kaalutud energiakasutuse arvutustes oli näha, et hoonete keskmised tarbimised sooja vee ja elektri osas olid madalamad kui energiamärgise arvutamise metoodikas kirjeldatud standardväärtused. Kui arvutustes kasutada reaalseid tarbimisväärtusi, saavutaksid need hooned ka parema energiatõhususe klassi. Rekonstrueeritavate hoonete puhul on võimalik enne rekonstrueerimise alustamist aastaid tarbimist täpselt mõõta, et saada aimu võimalikust reaalsest energiamärgisest pärast rekonstrueerimistööde lõppu. Uute hoonete ehitamisel on seda infot võimalik saada alles mõni aasta peale hoone eesmärgipärast kasutamist.

Hoone dünaamiliste soojuslevi arvutuste tulemusi võrreldes oli selgelt näha väga suur mõju hoone korteripõhisel ventilatsioonisüsteemil ja infiltratsiooni koguse vähendamisel. Klassikaliste välistarindite soojapidavamaks muutmisele lisaks on mõistlik senisest enam pöörata tähelepanu nendele aspektidele, kuna seetõttu on võimalik hooneid veel palju energiasäästlikumaks rekonstrueerida. Märkimisväärne soojuskadude erinevus on ka akende soojapidavuse tõstmisel. Oluline on vähendada 1. korruse soojuslevi keldrikorrusele. Seni standardsele lahendusele keldri lae soojustamisele on mõistlik kaaluda alternatiivina keldri põranda soojustamist. Keldri põranda soojustamine on üllatavalt suure mõjuga hoone netokütteenenergia vajaduse vähenemisele, investeerides vana põranda eemaldamisele ja uue põranda soojustamisele on tasuv üsna kiiresti võrreldes hoone kasutuseaga. Keldri põranda soojustamine, võrreldes keldri lae soojustamisega jätab ka suurema ruumi kõrguse, mis on elanikele mugavam.

Päikesepaneelide paigaldamisel katusele on paneelide tootlikkusel oluline paneelide paigaldussuund ja kaldenurk. Kui paigaldada hoone katusele ventilatsiooniseadmed, väheneb märgatavalt paneelide paigaldamiseks olev katusepind ning ka saadav taastuvenergia hulk. Samas tõstetakse katuseseadmete puhul märgatavalt katust, mistõttu on võimalik fassaadile rohkem päikesepaneele paigaldada. Tuleb siiski silmas pidada, et fassaadile paigaldatavad päikesepaneelid on oluliselt madalama tootlikkusega, kui katusele paigaldatud paneelid, mis kohati on põhjustatud

paigaldussuunast, aga ka ülekuumenemisest. Hoone ümber olev kõrghaljastus võib väga palju mõjutada fassaadidele paigaldatud päikesepaneelide tootlikkust, kuna puudest tekkivad varjud takistavad päikese kiirguse jõudmist paneelile. Oleks vajalik läbi mõelda ja uurida maastiku arhitektidel, kas samaväärse CO₂ koguse sidumiseks on võimalik kasutada madalama kõrgusega haljastust, mis asendaksid kõrgeid lehtpuid, mistõttu oleks võimalik fassaadidelt rohkem päikeseenergiat koguda.

Autorid võrdlesid dünaamilise soojuslevi arvutustes käsitletud renoveerimispakette kohapealse rekonstrueerimisega ja selgitasid välja renoveerimispakettide kuluefektiivsuse. Arvutus näitas, et arvestades 30% ja 50% toetusi Kredexist, on rekonstrueerimine eeltoodetud elementidega kuluefektiivsem. Kohapealse rekonstrueerimise maksumus oli vahemikus 555–590 eurot köetava pinna ruutmeetri kohta, samal ajal kui eeltoodetud elementidega jäi maksumus 420–450 eurot köetava pinna ruutmeetri kohta, sõltuvalt kombinatsioonist. Autorite poolt analüüsitud variantidest osutus kuluefektiivseimaks variant 3.1, mis on korteripõhiste rootorsoojusvahetiga ventilatsioonisüsteemi ja keldri põranda lisa soojustamisega versioon. Vajalik on teostada edasiseid uuringuid seoses korteripõhiste ventilatsiooni süsteemide hoolduse maksusumuse väljaselgitamiseks, et saada terviklikum ülevaade hoone elukaare kuludest.

Energiakulude analüüs kokkuvõtvalt näitab, kuidas erinevad rekonstrueerimis- ja energiakasutuse stsenaariumid mõjutavad korterelamu energiakulu ja -efektiivsust. See tõstab esile, kui oluline on hoolikas planeerimine ja kaasaegsete energiasäästutehnoloogiate, nagu taastuvenergia ja kütte- ning ventilatsioonisüsteemide optimeerimine, kasutamine hoonete renoveerimisel. Iga käsitletud rekonstrueerimisversioon toob kaasa märkimisväärse energia- ja kulude kokkuhoiu, parandades samal ajal hoone energiatõhusust ja kasutajate elukvaliteeti. Lõputöö tulemused kinnitavad, et olemasolevate hoonete rekonstrueerimine ja uute energiatõhusate lahenduste väljatöötamine ning rakendamine on olulised keskkonnasäästlikkuse ja inimeste elukvaliteedi parandamise seisukohalt. Akadeemia tee kõnealuste kortermajade valmides võiks kaaluda jätku-uuringut, milles hinnatakse rekonstrueerimistööde mõju hoonete sisekliimale ja energiatõhususele, tagamaks tõusvas trendis areng kulutõhusale ja elanikele lisandväärtust pakkuvale eluruumide õnnelikule tulevikule.

SUMMARY

Description of Energy Consumption and Indoor Climate Changes and Calculation of Cost-Effectiveness in the Reconstruction of Building to A - Energy Class Using Factory Elements In External Structure

Insulation improving energy efficiency and the quality of indoor climate in buildings is an important issue as these two factors play a major role in contributing to environmental sustainability and improving residents' quality of life. In this thesis, the authors have described the need for the renovation of buildings. The focus of the thesis is on four apartment buildings located at Akadeemia tee including their current condition, indoor climate parameters and energy use. In their thesis, the authors have identified sample packages for renovation with prefabricated elements and on-site building insulation. Sample packages have been described in terms of their construction and material costs and compared with the energy savings obtained from energy simulation models.

In the thesis, the authors have compared the proposed renovation packages with the on-site building insulation and identified the cost-effectiveness of the renovation packages, taking into account rates of different subsidies available from Kredex. The calculation showed that, considering the 30% and 50% subsidies from Kredex, renovation with prefabricated elements offers better value for money. The cost of on-site renovation was between 555 and 590 euros per sqm, while the cost of using prefabricated elements varied between 420 and 450 euros per sqm, depending on the combination. Of the packages analysed by the authors, the best was deemed to be the package that used apartment-based rotary heat exchanger systems instead of a central ventilation system and extra insulation for the basement floor.

In addition to the above, the authors calculated a simple return. They came to the conclusion that it was 21 years for the package offering the highest savings. The package with the longest simple return period turned out to be the on-site reconstruction solution, which was 30 years. The thesis also dealt with the energy consumption and domestic water consumption of the four apartment buildings at Akadeemia tee in recent years, which was lower than the level of standard use described for applying for the energy label. In addition, the thesis looked at the use of modern heating, ventilation, water and sewerage systems and the possibilities of installing solar panels on roofs and facades, along with descriptions of the relationship between the production capacity of the panels and the direction of installation. The results of the thesis support the renovation of existing buildings and the development and implementation of new energy-efficient solutions, thereby contributing to environmental

sustainability and improving people's quality of life. In the future, renovation could be followed by a follow-up study, in which new indoor climate analyses will be carried out to assess the impact of renovation works on the indoor climate and energy efficiency of buildings.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] E. s.-. j. akrediteerimiskeskus, „EVS - 13788-2012,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-13788-2012>. [Kasutatud 07 04 2023].
- [2] „Keskkonnaagentuur,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ilmateenistus.ee/>. [Kasutatud 07 04 2023].
- [3] „nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele,“ 10 10 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107102016004>. [Kasutatud 22 04 2023].
- [4] E. s.-. j. akrediteerimiskeskus, „EVS-EN 13187:2001,“ 2001. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-en-13187-2001>. [Kasutatud 22 04 2023].
- [5] e. s. j. a. keskus, „EVS 908-1 2016,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-908-1-2016>. [Kasutatud 09 04 2023].
- [6] KredEx, „korterimajade energiaauditite koostamise juhend,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Korterelamute%20energiaauditite%20koostamise%20juhend.pdf>. [Kasutatud 09 04 2023].
- [7] S. I. K. L. P. E. A. T. Kalamees, „Google Scholar,“ 2 1 2017. [Võrgumaterjal]. Available: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=vFrPIL0AAAJ&citation_for_view=vFrPIL0AAAAJ:UeHWp8X0CEIC. [Kasutatud 22 04 2023].
- [8] „Hoonete energiatõhususe arvutamise meetoodika,“ 05 06 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020012>. [Kasutatud 18 04 2023].
- [9] „Hoonete energiatõhususe miinimumnõuded,“ 11 12 2018. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1070/7202/0011/MKM_m63_lisa2.pdf#. [Kasutatud 18 04 2023].
- [10] Soojusprojekt OÜ, Interviewee, *Akadeemia tee 4, 6, 14, 22 rekonstrueerimine*. [Intervjuu]. 31 Märts 2023.
- [11] E. Nigumann, Interviewee, *Tehaseline rekonstrueerimine Kuuma tn 4 kogemus*. [Intervjuu]. 31 Märts 2023.
- [12] „kredex.ee,“ KredEx, 25 04 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://kredex.ee/et/kodudkorda>. [Kasutatud 25 04 2023].
- [13] A. Hamburg, „<https://www.e3s-conferences.org/>,“ 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/32/e3sconf_nsb2020_12005.pdf. [Kasutatud 27 04 2023].
- [14] L. Špitsmeister, „HALLVEE ENERGIATÕHUSUS KORTERMAJADES,“ 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/7f0939ce-70ed-4a02-8953-16f85b5a63bd>. [Kasutatud 28 aprill 2023].
- [15] M. Sillajõe, „Päikesepargi tootlikkusesr ja tasuvusajast sõltuvalt paneelide paigaldusest,“ Tallinn, 2021.
- [16] „mysolar,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://mysolar.ee/product/dah-solar-455w-dhm-72l9bw/>. [Kasutatud 09 04 2023].

- [17] KredEx, „Liginullenergia eluhooner, väikemaja juhend,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Liginullenergia_eluhooned_Vaikemaja_juhend.pdf. [Kasutatud 09 04 2023].
- [18] S. E. j. M. A. Korpu, „Google Scholar,“ 18 06 2017. [Võrgumaterjal]. Available: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ja&user=Sgo8LuAAAAAJ&citation_for_view=Sgo8LuAAAAAJ:FPJr55Dyh1AC. [Kasutatud 09 04 2023].
- [19] K. Vidyanandan, „Energy Scan,“ 08 02 2017. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319165448_An_Overview_of_Factors_Affecting_the_Performance_of_Solar_PV_Systems. [Kasutatud 09 04 2023].
- [20] enerest, „iko carrara,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.enerest.ee/_files/ugd/3be839_b28eb27c60c94483bda1a4444bbffed.pdf. [Kasutatud 09 04 2023].
- [21] O. Utilitas, „www.utilitas.ee,“ OÜ Utilitas, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.utilitas.ee/kliendile/hinnad-ja-lepingud/#soojuse-hinnad>. [Kasutatud 28 aprill 2023].
- [22] Eesti Energia AS, „www.energia.ee,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.energia.ee/et/era/elekter/elektrileping-ja-paketid?customers=home-customer&packages=fixPlus>. [Kasutatud 28 aprill 2023].
- [23] Elektrilevi OÜ, „www.elektrilevi.ee,“ Elektrilevi OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.elektrilevi.ee/vorguleping?network-contract=contract_signing&tabgroup_3=low-voltage&vorgupaketid=apartment. [Kasutatud 28 aprill 2023].
- [24] E. Nigumann, Interviewee, *Ehituseelarved 2023*. [Intervjuu]. Aprill 2023.
- [25] Salastatud Ettevõtte, *Ettevõtte 1 Akadeemia tee 6 ehituseelarve (kohapealne rekonstrueerimine)*, Tallinn: Ettevõtte 1, 2023.
- [26] M. Semjonov, Interviewee, *Korteripõhine ventilatsioon*. [Intervjuu]. 26 Aprill 2023.
- [27] I. Kontson, Interviewee, *Ehitiste aknad ja nende hinnad*. [Intervjuu]. 20 Aprill 2023.
- [28] kredex, „kraadpäevad,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kredex.ee/et/energiatohusus-uuringud-ja-andmed/kraadpaevad>. [Kasutatud 22 04 2023].

LISADE LOETELU

- Lisa 1. Akadeemia tee 4 kortermaja energiatarbimise andmed aastast 2019
- Lisa 2. Soojustamata hoone energiamärgise lähteandmed
- Lisa 3. Soojustamata hoone energiamärgise tulemused
- Lisa 4. Versioon 1 energiamärgise lähteandmed
- Lisa 5. Versioon 1 energiamärgise tulemused
- Lisa 6. Versioon 1 tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat
- Lisa 7. Versioon 2.1 energiamärgise lähteandmed
- Lisa 8. Versioon 2.1 energiamärgise tulemused
- Lisa 9. Versioon 2.1 tulemused kasutades KEK väärtusi
- Lisa 10. Versioon 3 energiamärgise lähteandmed
- Lisa 11. Versioon 3 energiamärgise tulemused
- Lisa 12. Versioon 3 tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat
- Lisa 13. Versioon 3.1 koos keldri põranda soojustamisega tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat
- Lisa 14. Soojuskadude võrdlustabel
- Lisa 15. Netoenergia ja ETA energiakulu
- Lisa 16. Ehituseelarvete tabel [24] [25] [26] [27]
- Lisa 17. Termografeerimise foto korterist 9
- Lisa 18. Termografeerimise foto korterist 21
- Lisa 19. Termografeerimise foto korterist 69

Lisa 1. Akadeemia tee 4 kortermaja energiatarbimise andmed aastast 2019

	Maagaas korterid kokku	Elektri kulud üldelekter	Korterid kokku	Kaug- küte	Külm vesi maja	s.h soe vesi korterid
	m³/a	kWh/a	(kWh)	MWh/a	m³/a	m³/a
2019						
1	351	559,117	8 462	78,630	425	163,719
2	266	489,652	7 419	61,030	367	151,747
3	291	536,576	7 604	62,750	406	165,507
4	265	464,752	6 768	35,610	375	153,699
5	241	490,404	6 545	24,720	426	155,454
6	161	265,812	6 007	12,1299	367	124,823
7	165	286,767	6 201	11,8000	377	129,453
8	174	280,495	6 060	12,9600	375	129,728
9	244	357,375	6 453	19,3300	368	134,162
10	309	564,538	7 650	41,6600	398	155,201
11	303	558,024	8 057	55,900	385	164,174
12	312	570,943	7 992	59,270	399	157,218
KOKKU	3082	5424,455	85 218	475,7899	4668	1784,885

Lisa 2. Soojustamata hoone energiamärgise lähteandmed

Energiarvutuse lähteandmete esitamine										
Energiarvutuse lähteandmed										
Arvutussoonide arv -										
Küttesüsteemi tüüp										
-soojuse tootmine ja kütus töhus kaugküte										
-soojuse jaotamine radiaatorid										
Ventilatsioonisüsteemi tüüp vali rippmenüüst										
Jahutussüsteem (on/ei ole) ei ole										
Õhulekkearu väärtuse allikas Energiatõhususe arvutamise meetodika, tabel 6										
Joonsoojuslähivuse väärtuse allikas KredEx - kortermaja energiaaudite koostamise juhend										
Soojuskadu läbi piirdetariindi					Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslähivuse				Õhulekkest tingitud soojuskadu	
Piirdetarind	g	U_{fi}	A_{fi}	$H_{juhtivus}$	Joon- või punktsoojuslähivus	Ψ_{fi}	l_j	H_{joonl}	Omadus	Suurus
	-	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		
Välissein 1		0.84	1660.4	1394.7	Välissein - välissein	0.70	59.0	41.3	Õhulekkearu q_{50}	2.5
Sokkel pinnases		3.10	119.9	371.8	Katuslagi - välissein	0.25	166.0	41.5	m ³ /(h·m ²)	
Katuslagi		0.73	808.2	590.0	Pööningu vahelagi -välissein	0.00	0.0	0.0	A_{vp} (välispiirded), m ²	4052.8
Sokkel		0.88	69.0	60.7	Põrand pinnasel - välissein	0.00	0.0	0.0	Koruste arv (täisarv)	5
Põrand pinnasel		0.00	0.0	0.0	Keldri vahelagi - välissein	0.25	166.0	41.5	$\dot{V}_{inf}$, m ³ /s	0.1876
Kütmata keldri lagi		0.38	808.2	304.0	Akna seinakinnitus	0.13	2090.1	271.7		
Välisüks		1.40	15.7	22.0	Ukse seinakinnitus	0.13	48.0	6.2		
Aken (ida) - uued	0.50	1.40	285.3	399.4	Sisesein - välissein	0.15	1333.0	200.0		
Aken (lääs) - uued	0.50	1.40	286.1	400.5	Vahelagi - välissein	0.25	1497.8	374.5		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	Välissein - rõduplaad	0.20	256.0	51.2		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		
...		0.00	0.0	0.0						
...		0.00	0.0	0.0						
Kokku:		$H_{juhtivus}$	W/K	3543.1	H_{joonl}	W/K	1027.9		$H_{õhuleke}$	W/K
Välispiirde summaame soojuserikadu					$\sum H$, W/K	4797.3				
Välispiirde keskmine soojuslähivus					$\sum H / A_{vp}$	1.18				
Hoone köetav pind					$A_{köetav}$, m ²	3763.0				
Hoone madala temperatuuriseadega pind					A_{madal} , m ²	0.0				
Välispiirde summaame soojuserikadu köetava pinna kohta					$\sum H / A_{köetav}$	1.27				
Ventilatsioonisüsteem										
	Õhuvooluhulk	Süsteemi	Soojustagasti	Soojustagasti	Heitõhu	Sissepuhkeõhu				
	sissepuhe	väljatõmme	SFP	tüüp	temperatuuri	min. temp. ¹	temperatuur ²			
	m ³ /s	m ³ /s	kW/(m ³ /s)	-	-	°C	-			
Sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon soojustagastusega	0.000	-	puudub	-	-	-	-			
¹ soojustagasti külmumise vältimine										
² esitatakse konstantse sissepuhktemperatuuriseade puhul										
Küttesüsteem										
	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -	Kütteperioodi ³ keskmine soojustegur, -	Soojus- ³ pumba osakaal, -	Abiseadmete ⁴ elekter kWh/(m ² a)	Küttegaafik ⁵ °C / °C	Küttesüsteemi võimsus ⁴ Eleker kW	Soojus kW		
Küttesüsteem	0.9	0.97			0.5	50/35				
Ventilatsiooni vesikalorifeer	0.9	1				60/40				
Soe vesi (hoone kütteallikas)	0.9	1				55/5				
³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul										
⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus										
Jahutussüsteem										
	Jahutusperioodi keskmine jahutustegur	Aastase jahutusenergia osakaal ⁶ , -	Abiseadmete Jahutusgraafik ⁵ eleker kWh/(m ² a)	Jahutuskadude tegur						
	-	-	°C / °C	$\beta_{je}, \beta_{jek}, \beta_{rs}, -$						
1 (nt. tsentraalne)					/					
2 (nt. SPLIT)					/					
⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedeliksüsteemide puhul										
⁶ 1.0 juhul kui puudub vabajahutus										
Lokaalse taastuvenergia süsteemid										
	Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m ²	Päikese-paneelide max võimsus, kW	Tuulegene-raatori nimi-võimsus, kW							
Päikese-kollektorid (soe vesi)	0.0									
PV-paneelid (eleker)		0.0								
Vabasoojused										
	Inimesed	Seadmed	Valgustus	Kasutusaste	Kasutusaeg					
	W/m ²	W/m ²	W/m ²	%	päeva nädalas tundi päevas	d	h			
	3	3		60	7	24				
			8	10	7	24				
Kuupäev	Nimi		/allkirjastatud digitaalselt/							

Lisa 3. Soojustamata hoone energiamärgise tulemused

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta								
Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu					☐	Oluline rekonstrueerimine	
Aadress						☐	Rekonstrueerimine	
Ehitusaasta								
Kõetav pind	3763.0	m ²						
Madala temp.seadega pind	0.0	m ²						
Netopind	4507.8	m ²						
Energia ^a tootlus	168	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energia ^b tootlus	168	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
^a Energia ^a tootlus ilma lokaalselt toodetud elektri								
Energia ^a tootlus	Hangitud kütused	Tarnitud	Tarnitud	Eksporditud	Eksporditud	Kaalumis-	Kaalutud	
kokkuvõte	massi või kogus/a	energia kWh/a	energia kWh/(a m ²)	energia kWh/a	energia kWh/(a m ²)	tegur -	energiakasutus kWh/(a m ²)	
Elekter	-	-	113 017	30.0	0	0.0	2.0	60.1
Tõhus kaugküte			622 359	165.4			0.65	107.5
...								0.0
Summa	-	-	735 376	195.4	0	0	-	167.6
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	
Soojusenergia päikesest			0	0.0				
Elekter päikesest			0	0.0	0	0.0	40%	
...								
Summaarne energiakasutus			Elekter kWh/a	Soojus kWh/a	Elekter kWh/(a m ²)	Soojus kWh/(a m ²)		
Küttesüsteem			-	-	-	-		
Ruumide küte			0	496 926	0.0	132.1		
Ventilatsiooniõhu soojendamine			0	0	0.0	0.0		
Tarbevee soojendamine			0	125 433	0.0	33.3		
Abiseadmete elekter			1 882	-	0.5	-		
Ventilatsioonisüsteem ¹			0	-	0.0	-		
Jahutussüsteem								
Abiseadmete elekter				-		-		
Valgustus			26 371	-	7.0	-		
Seadmed			84 764	-	22.5	-		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)			113 017	622 359	30.0	165.4		
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks								
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)				
Ruumide küte ²			433 816	115.3				
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			0	0.0				
Tarbevee soojendamine			112 890	30.0				
Ruumide jahutus			0	0.0				
Ventilatsiooniõhu jahutus			0	0.0				
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis								
³ arvutatud koos soojustagastusega								
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			Kraadpäevade alusel arvutus					
0								
Kuupäev			Nimi					
/allkirjastatud digitaalselt/								

Lisa 4. Versioon 1 energiamärgise lähteandmed

Energiarvutuse lähteandmete esitamine																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Energiarvutuse lähteandmed																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Arvutuslooni arv																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Küttesüsteemi tüüp																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
-soojuse tootmine ja kütus																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
-soojuse jaotamine																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Ventilatsioonisüsteemi tüüp																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Jahutussüsteem (on/ei ole)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Õhulekkearu väärtuse allikas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Joonsoojuslähivuse väärtuse allikas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
tõhus kaugküte radiaatorid sissepuhke-väljatõmme soojustagastusega (tsentraalne agregaat) ei ole Energiaarvutuse arvutamise meetodika, tabel 6 KredEx - kortermaja energiaauditite koostamise juhend																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Soojuskadu läbi piirdetariind</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslähivuse</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Õhulekkest tingitud soojuskadu</th> </tr> <tr> <th>Piirdetarind</th> <th>g</th> <th>U_{fi}</th> <th>A_{fi}</th> <th>$H_{juhtivus}$</th> <th>Joon- või punktsoojuslähivus</th> <th>Ψ_{fi}</th> <th>l_{fi}</th> <th>H_{joonl}</th> <th>Õhulekkest tingitud soojuskadu</th> </tr> <tr> <th></th> <th>-</th> <th>W/(m²·K)</th> <th>m²</th> <th>W/K</th> <th></th> <th>W/(m·K)</th> <th>m</th> <th>W/K</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Välissein 1</td> <td></td> <td>0.16</td> <td>1660.4</td> <td>262.3</td> <td>Välissein - välissein</td> <td>0.16</td> <td>59.0</td> <td>9.4</td> <td>Õhulekkearu q_{50}</td> </tr> <tr> <td>Välissein 2</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>Katuslagi - välissein</td> <td>0.34</td> <td>166.0</td> <td>56.4</td> <td>m³/(h·m²)</td> </tr> <tr> <td>Katuslagi</td> <td></td> <td>0.08</td> <td>808.2</td> <td>64.7</td> <td>Pööningu vahelagi - välissein</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>A_{vp} (välispiirded), m²</td> </tr> <tr> <td>Pööningu vahelagi</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>Põrand pinnasel - välissein</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>Koruste arv (täisarv)</td> </tr> <tr> <td>Põrand pinnasel</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>Keldri vahelagi - välissein</td> <td>0.05</td> <td>166.0</td> <td>8.3</td> <td>$\dot{V}_{inf}$, m³/s</td> </tr> <tr> <td>Kütmata keldri lagi</td> <td></td> <td>0.38</td> <td>808.2</td> <td>304.0</td> <td>Akna seinakinnitus</td> <td>0.02</td> <td>2090.1</td> <td>41.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Välisüks</td> <td></td> <td>1.40</td> <td>15.7</td> <td>22.0</td> <td>Ukse seinakinnitus</td> <td>0.10</td> <td>48.0</td> <td>4.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aken (ida) - uued</td> <td>0.50</td> <td>0.81</td> <td>285.3</td> <td>231.1</td> <td>Sisesein - välissein</td> <td>0.01</td> <td>1333.0</td> <td>16.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aken (lääs) - uued</td> <td>0.50</td> <td>0.81</td> <td>286.1</td> <td>231.7</td> <td>Vahelagi - välissein</td> <td>0.02</td> <td>1497.8</td> <td>22.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>vali rippmenüüst</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>Välissein - rõduplaad</td> <td>0.05</td> <td>256.0</td> <td>12.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>vali rippmenüüst</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>...</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>vali rippmenüüst</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>...</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>vali rippmenüüst</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>...</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>vali rippmenüüst</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>...</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">Kokku:</td> <td>$H_{juhtivus}$, W/K</td> <td>1115.8</td> <td colspan="3">H_{joonl}, W/K</td> <td>172.0</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3">$H_{õhulek}$, W/K</td> <td>215.7</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Välispiirde summaarne soojuserikadu</td> <td>$\sum H$, W/K</td> <td colspan="4">1503.6</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Välispiirde keskmine soojuslähivus</td> <td>$\sum H / A_{vp}$</td> <td colspan="4">0.39</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Hoone kütav pind</td> <td>$A_{kütav}$, m²</td> <td colspan="4">3763.0</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Hoone madala temperatuuriseadega pind</td> <td>A_{madal}, m²</td> <td colspan="4">0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Välispiirde summaarne soojuserikadu kütava pinna kohta</td> <td>$\sum H / A_{kütav}$</td> <td colspan="4">0.40</td> </tr> <tr> <td colspan="10"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ventilatsioonisüsteem</th> <th>Õhuvooluhulk</th> <th>Süsteemi</th> <th>Soojustagasti</th> <th>Soojustagasti</th> <th>Heitõhu</th> <th>Sisepuhkeõhu</th> </tr> <tr> <th></th> <th>sissepuhke</th> <th>SFP</th> <th>tüüp</th> <th>temperatuuri</th> <th>min. temp.¹</th> <th>temperatuur²</th> </tr> <tr> <th></th> <th>m³/s</th> <th>m³/s</th> <th>kW/(m³/s)</th> <th>suhtarv,</th> <th>°C</th> <th>°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sisepuhke-väljatõmbe ventilatsioon soojustagastusega</td> <td>1.882</td> <td>1.882</td> <td>1.7</td> <td>plaat</td> <td>0.80</td> <td>5</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="10">¹ soojustagasti külmumise vältimine</td> </tr> <tr> <td colspan="10">² esitatakse konstantse sisepuhketemperatuuriseadega puhul</td> </tr> <tr> <td colspan="10"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Küttesüsteem</th> <th>Soojusallika kasutegur</th> <th>Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -</th> <th>Küttesüsteemi³ keskmine soojustegur, -</th> <th>Soojus-³ pumba osakaal, -</th> <th>Abiseadmete⁴ elekter kWh/(m² a)</th> <th>Küttegaafik⁵ °C / °C</th> <th>Küttesüsteemi võimsus⁴ Elektor kW</th> <th>Soojus kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Küttesüsteem</td> <td>0.9</td> <td>0.97</td> <td></td> <td></td> <td>0.5</td> <td>50/35</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ventilatsiooni vesikalorifeer</td> <td>0.9</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>60/40</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Soe vesi (hoone kütteallikas)</td> <td>0.9</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>55/5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="10">³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul</td> </tr> <tr> <td colspan="10">⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus</td> </tr> <tr> <td colspan="10"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jahutussüsteem</th> <th>Jahutusperioodi keskmine jahutustegur</th> <th>Aastase jahutusenergia osakaal⁶, -</th> <th>Abiseadmete Jahutusgraafik⁵ elektor kWh/(m² a)</th> <th>Jahutuskadude tegur</th> </tr> <tr> <th></th> <th>-</th> <th>-</th> <th>°C / °C</th> <th>$\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 (nt. tsentraalne)</td> <td></td> <td></td> <td>/</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 (nt. SPLIT)</td> <td></td> <td></td> <td>/</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="10">⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedeliksüsteemide puhul</td> </tr> <tr> <td colspan="10">⁶ 1.0 juhul kui puudub vabajahutus</td> </tr> <tr> <td colspan="10"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Lokaalse taastuvenergia süsteemid</th> <th>Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m²</th> <th>Päikese-paneelide max võimsus, kW</th> <th>Tuulegene-raatori nimi-võimsus, kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Päikesekollektorid (soe vesi)</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PV-paneelid (elektor)</td> <td></td> <td>0.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="10"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Vabasoojused</th> <th>Inimesed</th> <th>Seadmed</th> <th>Valgustus</th> <th>Kasutusaste</th> <th>Kasutusaeg päeva nädalas</th> <th>Kasutusaeg tundi päevas</th> </tr> <tr> <th></th> <th>W/m²</th> <th>W/m²</th> <th>W/m²</th> <th>%</th> <th>d</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>3</td> <td></td> <td>60</td> <td>7</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>24</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="10"> </td> </tr> <tr> <td colspan="10">Kuupäev</td> </tr> <tr> <td colspan="10">Nimi</td> </tr> <tr> <td colspan="10">/allkirjastatud digitaalselt/</td> </tr> </tbody> </table>										Soojuskadu läbi piirdetariind				Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslähivuse				Õhulekkest tingitud soojuskadu		Piirdetarind	g	U_{fi}	A_{fi}	$H_{juhtivus}$	Joon- või punktsoojuslähivus	Ψ_{fi}	l_{fi}	H_{joonl}	Õhulekkest tingitud soojuskadu		-	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		Välissein 1		0.16	1660.4	262.3	Välissein - välissein	0.16	59.0	9.4	Õhulekkearu q_{50}	Välissein 2		0.00	0.0	0.0	Katuslagi - välissein	0.34	166.0	56.4	m ³ /(h·m ²)	Katuslagi		0.08	808.2	64.7	Pööningu vahelagi - välissein	0.00	0.0	0.0	A_{vp} (välispiirded), m ²	Pööningu vahelagi		0.00	0.0	0.0	Põrand pinnasel - välissein	0.00	0.0	0.0	Koruste arv (täisarv)	Põrand pinnasel		0.00	0.0	0.0	Keldri vahelagi - välissein	0.05	166.0	8.3	$\dot{V}_{inf}$, m ³ /s	Kütmata keldri lagi		0.38	808.2	304.0	Akna seinakinnitus	0.02	2090.1	41.8		Välisüks		1.40	15.7	22.0	Ukse seinakinnitus	0.10	48.0	4.8		Aken (ida) - uued	0.50	0.81	285.3	231.1	Sisesein - välissein	0.01	1333.0	16.0		Aken (lääs) - uued	0.50	0.81	286.1	231.7	Vahelagi - välissein	0.02	1497.8	22.5		vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	Välissein - rõduplaad	0.05	256.0	12.8		vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		...		0.00	0.0	0.0						...		0.00	0.0	0.0						Kokku:				$H_{juhtivus}$, W/K	1115.8	H_{joonl} , W/K			172.0							$H_{õhulek}$, W/K			215.7	Välispiirde summaarne soojuserikadu					$\sum H$, W/K	1503.6				Välispiirde keskmine soojuslähivus					$\sum H / A_{vp}$	0.39				Hoone kütav pind					$A_{kütav}$, m ²	3763.0				Hoone madala temperatuuriseadega pind					A_{madal} , m ²	0.0				Välispiirde summaarne soojuserikadu kütava pinna kohta					$\sum H / A_{kütav}$	0.40				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ventilatsioonisüsteem</th> <th>Õhuvooluhulk</th> <th>Süsteemi</th> <th>Soojustagasti</th> <th>Soojustagasti</th> <th>Heitõhu</th> <th>Sisepuhkeõhu</th> </tr> <tr> <th></th> <th>sissepuhke</th> <th>SFP</th> <th>tüüp</th> <th>temperatuuri</th> <th>min. temp.¹</th> <th>temperatuur²</th> </tr> <tr> <th></th> <th>m³/s</th> <th>m³/s</th> <th>kW/(m³/s)</th> <th>suhtarv,</th> <th>°C</th> <th>°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sisepuhke-väljatõmbe ventilatsioon soojustagastusega</td> <td>1.882</td> <td>1.882</td> <td>1.7</td> <td>plaat</td> <td>0.80</td> <td>5</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table>										Ventilatsioonisüsteem	Õhuvooluhulk	Süsteemi	Soojustagasti	Soojustagasti	Heitõhu	Sisepuhkeõhu		sissepuhke	SFP	tüüp	temperatuuri	min. temp. ¹	temperatuur ²		m ³ /s	m ³ /s	kW/(m ³ /s)	suhtarv,	°C	°C	Sisepuhke-väljatõmbe ventilatsioon soojustagastusega	1.882	1.882	1.7	plaat	0.80	5	17	¹ soojustagasti külmumise vältimine										² esitatakse konstantse sisepuhketemperatuuriseadega puhul										<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Küttesüsteem</th> <th>Soojusallika kasutegur</th> <th>Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -</th> <th>Küttesüsteemi³ keskmine soojustegur, -</th> <th>Soojus-³ pumba osakaal, -</th> <th>Abiseadmete⁴ elekter kWh/(m² a)</th> <th>Küttegaafik⁵ °C / °C</th> <th>Küttesüsteemi võimsus⁴ Elektor kW</th> <th>Soojus kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Küttesüsteem</td> <td>0.9</td> <td>0.97</td> <td></td> <td></td> <td>0.5</td> <td>50/35</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ventilatsiooni vesikalorifeer</td> <td>0.9</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>60/40</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Soe vesi (hoone kütteallikas)</td> <td>0.9</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>55/5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Küttesüsteem	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -	Küttesüsteemi ³ keskmine soojustegur, -	Soojus- ³ pumba osakaal, -	Abiseadmete ⁴ elekter kWh/(m ² a)	Küttegaafik ⁵ °C / °C	Küttesüsteemi võimsus ⁴ Elektor kW	Soojus kW	Küttesüsteem	0.9	0.97			0.5	50/35			Ventilatsiooni vesikalorifeer	0.9	1				60/40			Soe vesi (hoone kütteallikas)	0.9	1				55/5			³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul										⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus										<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jahutussüsteem</th> <th>Jahutusperioodi keskmine jahutustegur</th> <th>Aastase jahutusenergia osakaal⁶, -</th> <th>Abiseadmete Jahutusgraafik⁵ elektor kWh/(m² a)</th> <th>Jahutuskadude tegur</th> </tr> <tr> <th></th> <th>-</th> <th>-</th> <th>°C / °C</th> <th>$\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 (nt. tsentraalne)</td> <td></td> <td></td> <td>/</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 (nt. SPLIT)</td> <td></td> <td></td> <td>/</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Jahutussüsteem	Jahutusperioodi keskmine jahutustegur	Aastase jahutusenergia osakaal ⁶ , -	Abiseadmete Jahutusgraafik ⁵ elektor kWh/(m ² a)	Jahutuskadude tegur		-	-	°C / °C	$\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$	1 (nt. tsentraalne)			/		2 (nt. SPLIT)			/		⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedeliksüsteemide puhul										⁶ 1.0 juhul kui puudub vabajahutus										<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Lokaalse taastuvenergia süsteemid</th> <th>Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m²</th> <th>Päikese-paneelide max võimsus, kW</th> <th>Tuulegene-raatori nimi-võimsus, kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Päikesekollektorid (soe vesi)</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PV-paneelid (elektor)</td> <td></td> <td>0.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Lokaalse taastuvenergia süsteemid	Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m ²	Päikese-paneelide max võimsus, kW	Tuulegene-raatori nimi-võimsus, kW	Päikesekollektorid (soe vesi)	0.0			PV-paneelid (elektor)		0.0		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Vabasoojused</th> <th>Inimesed</th> <th>Seadmed</th> <th>Valgustus</th> <th>Kasutusaste</th> <th>Kasutusaeg päeva nädalas</th> <th>Kasutusaeg tundi päevas</th> </tr> <tr> <th></th> <th>W/m²</th> <th>W/m²</th> <th>W/m²</th> <th>%</th> <th>d</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>3</td> <td></td> <td>60</td> <td>7</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>24</td> </tr> </tbody> </table>										Vabasoojused	Inimesed	Seadmed	Valgustus	Kasutusaste	Kasutusaeg päeva nädalas	Kasutusaeg tundi päevas		W/m ²	W/m ²	W/m ²	%	d	h		3	3		60	7	24				8	10	7	24											Kuupäev										Nimi										/allkirjastatud digitaalselt/									
Soojuskadu läbi piirdetariind				Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslähivuse				Õhulekkest tingitud soojuskadu																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Piirdetarind	g	U_{fi}	A_{fi}	$H_{juhtivus}$	Joon- või punktsoojuslähivus	Ψ_{fi}	l_{fi}	H_{joonl}	Õhulekkest tingitud soojuskadu																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	-	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Välissein 1		0.16	1660.4	262.3	Välissein - välissein	0.16	59.0	9.4	Õhulekkearu q_{50}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Välissein 2		0.00	0.0	0.0	Katuslagi - välissein	0.34	166.0	56.4	m ³ /(h·m ²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Katuslagi		0.08	808.2	64.7	Pööningu vahelagi - välissein	0.00	0.0	0.0	A_{vp} (välispiirded), m ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Pööningu vahelagi		0.00	0.0	0.0	Põrand pinnasel - välissein	0.00	0.0	0.0	Koruste arv (täisarv)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Põrand pinnasel		0.00	0.0	0.0	Keldri vahelagi - välissein	0.05	166.0	8.3	$\dot{V}_{inf}$, m ³ /s																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Kütmata keldri lagi		0.38	808.2	304.0	Akna seinakinnitus	0.02	2090.1	41.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Välisüks		1.40	15.7	22.0	Ukse seinakinnitus	0.10	48.0	4.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Aken (ida) - uued	0.50	0.81	285.3	231.1	Sisesein - välissein	0.01	1333.0	16.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Aken (lääs) - uued	0.50	0.81	286.1	231.7	Vahelagi - välissein	0.02	1497.8	22.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	Välissein - rõduplaad	0.05	256.0	12.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
...		0.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
...		0.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Kokku:				$H_{juhtivus}$, W/K	1115.8	H_{joonl} , W/K			172.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
						$H_{õhulek}$, W/K			215.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Välispiirde summaarne soojuserikadu					$\sum H$, W/K	1503.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Välispiirde keskmine soojuslähivus					$\sum H / A_{vp}$	0.39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Hoone kütav pind					$A_{kütav}$, m ²	3763.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Hoone madala temperatuuriseadega pind					A_{madal} , m ²	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Välispiirde summaarne soojuserikadu kütava pinna kohta					$\sum H / A_{kütav}$	0.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ventilatsioonisüsteem</th> <th>Õhuvooluhulk</th> <th>Süsteemi</th> <th>Soojustagasti</th> <th>Soojustagasti</th> <th>Heitõhu</th> <th>Sisepuhkeõhu</th> </tr> <tr> <th></th> <th>sissepuhke</th> <th>SFP</th> <th>tüüp</th> <th>temperatuuri</th> <th>min. temp.¹</th> <th>temperatuur²</th> </tr> <tr> <th></th> <th>m³/s</th> <th>m³/s</th> <th>kW/(m³/s)</th> <th>suhtarv,</th> <th>°C</th> <th>°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sisepuhke-väljatõmbe ventilatsioon soojustagastusega</td> <td>1.882</td> <td>1.882</td> <td>1.7</td> <td>plaat</td> <td>0.80</td> <td>5</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table>										Ventilatsioonisüsteem	Õhuvooluhulk	Süsteemi	Soojustagasti	Soojustagasti	Heitõhu	Sisepuhkeõhu		sissepuhke	SFP	tüüp	temperatuuri	min. temp. ¹	temperatuur ²		m ³ /s	m ³ /s	kW/(m ³ /s)	suhtarv,	°C	°C	Sisepuhke-väljatõmbe ventilatsioon soojustagastusega	1.882	1.882	1.7	plaat	0.80	5	17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Ventilatsioonisüsteem	Õhuvooluhulk	Süsteemi	Soojustagasti	Soojustagasti	Heitõhu	Sisepuhkeõhu																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	sissepuhke	SFP	tüüp	temperatuuri	min. temp. ¹	temperatuur ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	m ³ /s	m ³ /s	kW/(m ³ /s)	suhtarv,	°C	°C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Sisepuhke-väljatõmbe ventilatsioon soojustagastusega	1.882	1.882	1.7	plaat	0.80	5	17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
¹ soojustagasti külmumise vältimine																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
² esitatakse konstantse sisepuhketemperatuuriseadega puhul																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Küttesüsteem</th> <th>Soojusallika kasutegur</th> <th>Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -</th> <th>Küttesüsteemi³ keskmine soojustegur, -</th> <th>Soojus-³ pumba osakaal, -</th> <th>Abiseadmete⁴ elekter kWh/(m² a)</th> <th>Küttegaafik⁵ °C / °C</th> <th>Küttesüsteemi võimsus⁴ Elektor kW</th> <th>Soojus kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Küttesüsteem</td> <td>0.9</td> <td>0.97</td> <td></td> <td></td> <td>0.5</td> <td>50/35</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ventilatsiooni vesikalorifeer</td> <td>0.9</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>60/40</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Soe vesi (hoone kütteallikas)</td> <td>0.9</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>55/5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Küttesüsteem	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -	Küttesüsteemi ³ keskmine soojustegur, -	Soojus- ³ pumba osakaal, -	Abiseadmete ⁴ elekter kWh/(m ² a)	Küttegaafik ⁵ °C / °C	Küttesüsteemi võimsus ⁴ Elektor kW	Soojus kW	Küttesüsteem	0.9	0.97			0.5	50/35			Ventilatsiooni vesikalorifeer	0.9	1				60/40			Soe vesi (hoone kütteallikas)	0.9	1				55/5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Küttesüsteem	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -	Küttesüsteemi ³ keskmine soojustegur, -	Soojus- ³ pumba osakaal, -	Abiseadmete ⁴ elekter kWh/(m ² a)	Küttegaafik ⁵ °C / °C	Küttesüsteemi võimsus ⁴ Elektor kW	Soojus kW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Küttesüsteem	0.9	0.97			0.5	50/35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Ventilatsiooni vesikalorifeer	0.9	1				60/40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Soe vesi (hoone kütteallikas)	0.9	1				55/5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Jahutussüsteem</th> <th>Jahutusperioodi keskmine jahutustegur</th> <th>Aastase jahutusenergia osakaal⁶, -</th> <th>Abiseadmete Jahutusgraafik⁵ elektor kWh/(m² a)</th> <th>Jahutuskadude tegur</th> </tr> <tr> <th></th> <th>-</th> <th>-</th> <th>°C / °C</th> <th>$\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 (nt. tsentraalne)</td> <td></td> <td></td> <td>/</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 (nt. SPLIT)</td> <td></td> <td></td> <td>/</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Jahutussüsteem	Jahutusperioodi keskmine jahutustegur	Aastase jahutusenergia osakaal ⁶ , -	Abiseadmete Jahutusgraafik ⁵ elektor kWh/(m ² a)	Jahutuskadude tegur		-	-	°C / °C	$\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$	1 (nt. tsentraalne)			/		2 (nt. SPLIT)			/																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Jahutussüsteem	Jahutusperioodi keskmine jahutustegur	Aastase jahutusenergia osakaal ⁶ , -	Abiseadmete Jahutusgraafik ⁵ elektor kWh/(m ² a)	Jahutuskadude tegur																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	-	-	°C / °C	$\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1 (nt. tsentraalne)			/																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
2 (nt. SPLIT)			/																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedeliksüsteemide puhul																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
⁶ 1.0 juhul kui puudub vabajahutus																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Lokaalse taastuvenergia süsteemid</th> <th>Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m²</th> <th>Päikese-paneelide max võimsus, kW</th> <th>Tuulegene-raatori nimi-võimsus, kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Päikesekollektorid (soe vesi)</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PV-paneelid (elektor)</td> <td></td> <td>0.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Lokaalse taastuvenergia süsteemid	Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m ²	Päikese-paneelide max võimsus, kW	Tuulegene-raatori nimi-võimsus, kW	Päikesekollektorid (soe vesi)	0.0			PV-paneelid (elektor)		0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Lokaalse taastuvenergia süsteemid	Päikese-kollektori aktiiv-pindala, m ²	Päikese-paneelide max võimsus, kW	Tuulegene-raatori nimi-võimsus, kW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Päikesekollektorid (soe vesi)	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
PV-paneelid (elektor)		0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Vabasoojused</th> <th>Inimesed</th> <th>Seadmed</th> <th>Valgustus</th> <th>Kasutusaste</th> <th>Kasutusaeg päeva nädalas</th> <th>Kasutusaeg tundi päevas</th> </tr> <tr> <th></th> <th>W/m²</th> <th>W/m²</th> <th>W/m²</th> <th>%</th> <th>d</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>3</td> <td></td> <td>60</td> <td>7</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>24</td> </tr> </tbody> </table>										Vabasoojused	Inimesed	Seadmed	Valgustus	Kasutusaste	Kasutusaeg päeva nädalas	Kasutusaeg tundi päevas		W/m ²	W/m ²	W/m ²	%	d	h		3	3		60	7	24				8	10	7	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Vabasoojused	Inimesed	Seadmed	Valgustus	Kasutusaste	Kasutusaeg päeva nädalas	Kasutusaeg tundi päevas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	W/m ²	W/m ²	W/m ²	%	d	h																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	3	3		60	7	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			8	10	7	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Kuupäev																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Nimi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
/allkirjastatud digitaalselt/																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

Lisa 5. Versioon 1 energiamärgise tulemused

Energiaarvutuse tulemuste esitamine								
Andmed hoone kohta								
Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu					☐	Oluline rekonstrueerimine	
Aadress						☐	Rekonstrueerimine	
Ehitusaasta								
Kõetav pind	3763.0	m ²						
Madala temp.seadega pind	0.0	m ²						
Netopind	4507.8	m ²						
Energiaühik	120	kWh/(m² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energiaühik B	120	kWh/(m² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
^a Energiaühik ilma lokaalselt toodetud elektri								
Energiaühik	Hangitud kütused	Tarnitud energia	Tarnitud energia	Eksporditud energia	Eksporditud energia	Kaalumis-egur	Kaalutud energiaühik	
kokkuvõte	massi või kogus/a	mahuühik	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	-	kWh/(a m ²)
Elekter	-	-	141 036	37.5	0	0.0	2.0	75.0
Tõhus kaugküte			261 672	69.5			0.65	45.2
...								0.0
Summa	-	-	402 709	107.0	0	0	-	120.2
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	
Soojusenergia päikesest			0	0.0				
Elekter päikesest			0	0.0	0	0.0	40%	
...								
Summaarne energiaühik			Elekter	Soojus	Elekter	Soojus		
			kWh/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/(a m ²)		
Küttesüsteem			-	-	-	-		
Ruumide küte			0	103 412	0.0	27.5		
Ventilatsiooniõhu soojendamine			0	32 827	0.0	8.7		
Tarbevee soojendamine			0	125 433	0.0	33.3		
Abiseadmete elekter			1 882	-	0.5	-		
Ventilatsioonisüsteem ¹			28 019	-	7.4	-		
Jahutussüsteem								
Abiseadmete elekter				-		-		
Valgustus			26 371	-	7.0	-		
Seadmed			84 764	-	22.5	-		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiaühik)			141 036	261 672	37.5	69.5		
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks								
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)				
Ruumide küte ²			90 279	24.0				
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			29 544	7.9				
Tarbevee soojendamine			112 890	30.0				
Ruumide jahutus			0	0.0				
Ventilatsiooniõhu jahutus			0	0.0				
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis								
³ arvutatud koos soojustagastusega								
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			Kraadpäevade alusel arvutus					
0			0					
Kuupäev			Nimi					
			/allkirjastatud digitaalselt/					

Lisa 6. Versioon 1 tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta								
Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu					☐	Oluline rekonstrueerimine	
Aadress						☐	Rekonstrueerimine	
Ehitusaasta								
Kõetav pind	3763,0	m ²						
Madala temp.seadega pind	0,0	m ²						
Netopind	4507,8	m ²						
Energia	97	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energia A	97	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
B Energia ilma lokaalselt toodetud elektri								
Energiakasutuse kokkuvõte	Hangitud kütused massi või kogus/a	mahuühik	Tarnitud energia kWh/a	Tarnitud energia kWh/(a m ²)	Eksporditud energia kWh/a	Eksporditud energia kWh/(a m ²)	Kaalumis- tegur -	Kaalutud energiakasutus kWh/(a m ²)
Elekter	-	-	87 346	23,2	29888	7,9	2,0	46,4
Tõhus kaugküte			257 073	68,3			0,65	44,4
Maagaas			22201,7	5,9			1	5,9
Summa	-	-	366 621	97,4	29 888	8	-	96,7
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	
Soojusenergia päikesest			0	0,0				
Elekter päikesest			66 417	17,7	29888	7,9	55%	
...								
Summaarne energiakasutus			Elekter kWh/a	Soojus kWh/a	Elekter kWh/(a m ²)	Soojus kWh/(a m ²)		
Küttesüsteem			-	-	-	-		
Ruumide küte			0	103 412	0,0	27,5		
Ventilatsiooniõhu soojendamine			0	32 827	0,0	8,7		
Tarbevee soojendamine			0	120 834	0,0	32,1		
Abiseadmete elekter			1 882	-	0,5	-		
Ventilatsioonisüsteem ¹			28 019	-	7,4	-		
Jahutussüsteem								
Abiseadmete elekter				-		-		
Valgustus				-	0,0	-		
Seadmed			93 975	-	25,0	-		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)			123 876	257 073	32,9	68,3		
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks								
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)				
Ruumide küte ²			90 279	24,0				
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			29 544	7,9				
Tarbevee soojendamine			108 751	28,9				
Ruumide jahutus			0	0,0				
Ventilatsiooniõhu jahutus			0	0,0				
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis								
³ arvutatud koos soojustagastusega								
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			Kraadpäevade alusel arvutus					
0			0					
Kuupäev			Nimi					
			/allkirjastatud digitaalselt/					

Lisa 7. Versioon 2.1 energiamärgise lähteandmed

Energiarvutuse lähteandmete esitamine											
Energiarvutuse lähteandmed Arvutusloendi arv: - Küttesüsteemi tüüp: - - soojuse tootmine ja kütus: töhus kaugküte - soojuse jaotamine: radiaatorid Ventilatsioonisüsteemi tüüp: sissepuhke-väljatõmme soojustagastusega (tsentraalne agregaat) Jahutussüsteem (on/ei ole): ei ole Õhulekkearu väärtuse allikas: Energiatõhususe arvutamise meetodika, tabel 6 Joonsoojuslähivuse väärtuse allikas: KredEx - kortermaja energiaauditite koostamise juhend											
Soojuskadu läbi piirdetariind					Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslähivuse				Õhulekkest tingitud soojuskadu		
Piirdetarind	g -	U_{fi} W/(m ² ·K)	A_{fi} m ²	$H_{juhtivus}$ W/K	Joon- või punktsoojuslähivus	Ψ_{fi} W/(m·K)	l_j m	H_{joonl} W/K	Õmardus	Suurus	
Välissein 1		0.14	1660.4	227.1	Välissein - välissein	0.16	59.0	9.4	Õhulekkearu q_{50}	2.5	
Välissein 2		0.00	0.0	0.0	Katuslagi - välissein	0.34	166.0	56.4	m ³ /(h·m ²)		
Katuslagi		0.08	808.2	64.7	Pööningu vahelagi - välissein	0.00	0.0	0.0	A_{vp} (välispiirded), m ²	3863.9	
Pööningu vahelagi		0.00	0.0	0.0	Põrand pinnasel - välissein	0.00	0.0	0.0	Koruste arv (täisarv)	5	
Põrand pinnasel		0.00	0.0	0.0	Keldri vahelagi - välissein	0.05	166.0	8.3	$\dot{V}_{inf}$, m ³ /s	0.1789	
Kütmata keldri lagi		0.38	808.2	304.0	Akna seinakinnitus	0.02	2090.1	41.8			
Välisüks		1.40	15.7	22.0	Ukse seinakinnitus	0.10	48.0	4.8			
Aken (ida) - uued	0.50	0.68	285.3	194.0	Sisesein - välissein	0.01	1333.0	16.0			
Aken (lääs) - uued	0.50	0.68	286.1	194.5	Vahelagi - välissein	0.02	1497.8	22.5			
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	Välissein - rõduplaad	0.05	256.0	12.8			
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0			
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0			
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0			
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0			
...		0.00	0.0	0.0							
...		0.00	0.0	0.0							
Kokku:				$H_{juhtivus}$, W/K	1006.4	H_{joonl} , W/K			172.0	$H_{õhuleke}$, W/K	215.7
Välispiirde summaarne soojuserikadu					$\sum H$, W/K	1394.1					
Välispiirde keskmine soojuslähivus					$\sum H / A_{vp}$	0.36					
Hoone kütav pind					$A_{kütav}$, m ²	3763.0					
Hoone madala temperatuuriseadega pind					A_{madal} , m ²	0.0					
Välispiirde summaarne soojuserikadu kütava pinna kohta					$\sum H / A_{kütav}$ W/(m ² ·K)	0.37					
Ventilatsioonisüsteem Õhuvooluhulk sissepuhke väljatõmme m³/s m³/s Süsteemi SFP kW/(m³/s) Soojustagasti tüüp - Soojustagasti temperatuuri suhtarv, - Heitõhu min. temp.¹ °C Sissepuhkeõhu temperatuur² °C											
Sissepuhke-väljatõmme ventilatsioon soojustagastusega 1.882 1.882 1.7 plaat 0.80 5 17											
¹ soojustagasti külmumise vältimine											
² esitatakse konstantse sissepuhketemperatuuriseadega puhul											
Küttesüsteem Soojusallika kasutegur - Jaotamise ja väljastamise kasutegur, - Kütteperioodi³ keskmine soojustegur, - Soojus-³ pumba osakaal, - Abiseadmete⁴ elekt kWh/(m² a) Küttegaafik⁵ °C / °C Küttesüsteemi võimsus⁴ Elekt kW Soojus kW											
Küttesüsteem 0.9 0.97 0.5 50/35 Ventilatsiooni vesikalorifeer 0.9 1 60/40 Soe vesi (hoone kütteallikas) 0.9 1 55/5											
³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul											
⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus											
Jahutussüsteem Jahutusperioodi keskmine jahutustegur - Aastase jahutusenergia osakaal⁶, - Abiseadmete Jahutusgraafik⁵ elekt kWh/(m² a) Jahutuskadude tegur °C / °C $\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$											
1 (nt. tsentraalne) /											
2 (nt. SPLIT) /											
⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedeliksüsteemide puhul											
⁶ 1.0 juhul kui puudub vabajahutus											
Lokaalse taastuvenergia süsteemid Päikese- kollektori aktiiv- pindala, m² Päikese- paneelide max võimsus, kW Tuulegene- raatori nimi- võimsus, kW											
Päikesekollektorid (soe vesi) 0.0											
PV-paneelid (elekt) 0.0											
Vabasoojused Inimesed Seadmed Valgustus Kasutusaste Kasutusaeg päeva nädalas tundi päevas											
W/m² W/m² W/m² % d h											
3 3 8 60 7 24											
10 7 24											
Kuupäev Nimi /allkirjastatud digitaalselt/											

Lisa 8. Versioon 2.1 energiamärgise tulemused

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta								
Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu					☐	Oluline rekonstrueerimine	
Aadress						☐	Rekonstrueerimine	
Ehitusaasta								
Kõetav pind	3763.0	m ²						
Madala temp.seadega pind	0.0	m ²						
Netopind	4507.8	m ²						
Energiaühik	116	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energiaühik B	116	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
B Energiaühik ilma lokaalselt toodetud elektri								
Energiaühik	Hangitud kütused	Tarnitud energia	Tarnitud energia	Eksporditud energia	Eksporditud energia	Kaalumis- tegur	Kaalutud energiasutus	
kokkuvõtte	massi või kogus/a	mahuühik	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	-	kWh/(a m ²)
Elekter	-	-	141 036	37.5	0	0.0	2.0	75.0
Tõhus kaugküte			239 989	63.8			0.65	41.5
...								0.0
Summa	-	-	381 025	101.3	0	0	-	116.4
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	
Soojusenergia päikesest			0	0.0				
Elekter päikesest			0	0.0	0	0.0	40%	
...								
Summaarne energiasutus			Elekter	Soojus	Elekter	Soojus		
			kWh/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/(a m ²)		
Küttesüsteem			-	-	-	-		
Ruumide küte			0	82 108	0.0	21.8		
Ventilatsiooniõhu soojendamine			0	32 448	0.0	8.6		
Tarbevee soojendamine			0	125 433	0.0	33.3		
Abiseadmete elekter			1 882	-	0.5	-		
Ventilatsioonisüsteem ¹			28 019	-	7.4	-		
Jahutussüsteem								
Abiseadmete elekter				-		-		
Valgustus			26 371	-	7.0	-		
Seadmed			84 764	-	22.5	-		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiasutus)			141 036	239 989	37.5	63.8		
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks								
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)				
Ruumide küte ²			71 680	19.0				
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			29 203	7.8				
Tarbevee soojendamine			112 890	30.0				
Ruumide jahutus			0	0.0				
Ventilatsiooniõhu jahutus			0	0.0				
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis								
³ arvutatud koos soojustagastusega								
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			Kraadpäevade alusel arvutus					
0			0					
Kuupäev			Nimi					
			/allkirjastatud digitaalselt/					

Lisa 9. Versioon 2.1 tulemused kasutades KEK väärtusi

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta								
Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu					☐	Oluline rekonstrueerimine	
Aadress						☐	Rekonstrueerimine	
Ehitusaasta								
Kõetav pind	3763,0	m ²						
Madala temp.seadega pind	0,0	m ²						
Netopind	4507,8	m ²						
Energia	93	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energia A	93	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
B Energia ilma lokaalselt toodetud elektrita								
Energia	Hangitud kütused	Tarnitud	Tarnitud	Eksporditud	Eksporditud	Kaalumis-	Kaalutud	
kokkuvõte	massi või kogus/a	energia kWh/a	energia kWh/(a m ²)	energia kWh/a	energia kWh/(a m ²)	tegur -	energiakasutus kWh/(a m ²)	
Elekter	-	-	87 346	23,2	29888	7,9	2,0	46,4
Tõhus kaugküte			235 390	62,6			0,65	40,7
Maagaas			22201,7	5,9			1	5,9
Summa	-	-	344 938	91,7	29 888	8	-	93,0
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	
Soojusenergia päikesest			0	0,0				
Elekter päikesest			66 417	17,7	29888	7,9	55%	
...								
Summaarne energiakasutus			Elekter kWh/a	Soojus kWh/a	Elekter kWh/(a m ²)	Soojus kWh/(a m ²)		
Küttesüsteem			-	-	-	-		
Ruumide küte			0	82 108	0,0	21,8		
Ventilatsiooniõhu soojendamine			0	32 448	0,0	8,6		
Tarbevee soojendamine			0	120 834	0,0	32,1		
Abiseadmete elekter			1 882	-	0,5	-		
Ventilatsioonisüsteem ¹			28 019	-	7,4	-		
Jahutussüsteem								
Abiseadmete elekter				-		-		
Valgustus				-	0,0	-		
Seadmed			93 975	-	25,0	-		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)			123 876	235 390	32,9	62,6		
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks								
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)				
Ruumide küte ²			71 680	19,0				
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			29 203	7,8				
Tarbevee soojendamine			108 751	28,9				
Ruumide jahutus			0	0,0				
Ventilatsiooniõhu jahutus			0	0,0				
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis								
³ arvutatud koos soojustagastusega								
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			Kraadpäevade alusel arvutus					
0								
Kuupäev			Nimi		/allkirjastatud digitaalselt/			

Lisa 10. Versioon 3 energiamärgise lähteandmed

Energiaarvutuse lähteandmete esitamine										
Energiaarvutuse lähteandmed Arutustsoonide arv: - Küttesüsteemi tüüp: -soojuse tootmine ja kütus töhus kaugküte -soojuse jaotamine radiaatorid Ventilatsioonisüsteemi tüüp: sissepuhke-väljatõmme soojustagastusega (korteripõhine agregaat) Jahutussüsteem (on/ei ole): ei ole Õhulekkearu väärtuse allikas: Energiatõhususe arvutamise meetodika, tabel 6 Joonsoojuslähivuse väärtuse allikas: KredEx - kortermaja energiaaudite koostamise juhend										
Soojuskadu läbi piirdetarindi					Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslähivuse				Õhulekkest tingitud soojuskadu	
Piirdetarind	g -	U_{fi} W/(m ² ·K)	A_{fi} m ²	$H_{juhtivus}$ W/K	Joon- või punktsoojuslähivus	Ψ_{fi} W/(m·K)	l_j m	H_{joonsl} W/K	Omadus	Suurus
Välissein 1		0.14	1660.4	227.1	Välissein - välissein	0.16	59.0	9.4	Õhulekkearu q_{50} , m ³ /(h·m ²)	1.5
Sokkel pinnases				0.0	Katuslagi - välissein	0.17	166.0	28.2	A_{vp} (välispiirded), m ²	3863.9
Sokkel väljas				0.0	Pööningu vahelagi - välissein	0.00	0.0	0.0	Korruste arv (täisarv)	5
Katuslagi		0.08	808.2	64.7	Põrand pinnasel - välissein	0.00	0.0	0.0	$\dot{V}_{inf}$, m ³ /s	0.1073
Põrand pinnasel			0.0	0.0	Keldri vahelagi - välissein	0.05	166.0	8.3		
Kütmata keldri lagi		0.38	808.2	304.0	Akna seinakinnitus	0.02	2090.1	41.8		
Välisüks		1.40	15.7	22.0	Ukse seinakinnitus	0.10	48.0	4.8		
Aken (ida) - uued	0.50	0.68	285.3	194.0	Sisesein - välissein	0.01	1333.0	6.7		
Aken (lääs) - uued	0.50	0.68	286.1	194.5	Vahelagi - välissein	0.01	1497.8	10.5		
vali rippmenüüst	0.00		0.0	0.0	Välissein - rõduplaat	0.05	256.0	12.8		
vali rippmenüüst	0.00		0.0	0.0	Katuslagi - sisesein	0.01	710.3	3.6		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0	...	0.00	0.0	0.0		
vali rippmenüüst	0.00	0.00	0.0	0.0						
...		0.00	0.0	0.0						
...		0.00	0.0	0.0						
Kokku:				$H_{juhtivus}$, W/K				126.1	$H_{õhuleke}$, W/K	129.4
Välispiirde summaarne soojuserikadu				$\sum H$, W/K				1261.9		
Välispiirde keskmine soojuslähivus				$\sum H / A_{vp}$				0.33		
Hoone köetav pind				$A_{köetav}$, m ²				3763.0		
Hoone madala temperatuuriseadega pind				A_{madal} , m ²				0.0		
Välispiirde summaarne soojuserikadu köetava pinna kohta				$\sum H / A_{köetav}$ W/(m ² ·K)				0.34		
Ventilatsioonisüsteem Õhuvooluhulk sissepuhke väljatõmme m³/s m³/s Süsteemi SFP kW/(m³/s) Soojustagasti tüüp - Soojustagasti temperatuuri suhtarv, - Heitõhu min. temp.¹ °C Sissepuhkeõhu temperatuur² °C										
Sissepuhke-väljatõmme ventilatsioon soojustagastusega 1.580 1.580 1.3 rootor 0.85 0 17										
¹ soojustagasti külmumise vältimine										
² esitatakse konstantse sissepuhketemperatuuriseade puhul										
Küttesüsteem Soojusallika kasutegur - Jaotamise ja väljastamise kasutegur, - Kütteperioodi³ keskmine soojustegur, - Soojus-³ pumba osakaal, - Abiseadmete⁴ elekt kWh/(m² a) Küttegaafik⁵ °C / °C Küttesüsteemi võimsus⁴ Elekt kW Soojus kW										
Küttesüsteem 0.9 0.97 0.5 50/35 Ventilatsiooni vesikalorifeer 0.9 1 60/40 Soe vesi (hoone kütteallikas) 0.9 1 55/5										
³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul										
⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus										
Jahutussüsteem Jahutusperioodi keskmine jahutustegur - Aastase jahutusenergia osakaal⁶, - Abiseadmete elekt kWh/(m² a) Jahutusgraafik⁵ °C / °C Jahutuskadude tegur $\beta_{je}, \beta_{ek}, \beta_{rs}, -$										
1 (nt. tsentraalne) /										
2 (nt. SPLIT) /										
⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedeliksüsteemide puhul										
⁶ 1.0 juhul kui puudub vabajahutus										
Lokaalse taastuvenergia süsteemid Päikese- kollektori aktiiv- pindala, m² Päikese- paneelide max võimsus, kW Tuulegene- raatori nimi- võimsus, kW										
Päikesekollektorid (soe vesi) 0.0										
PV-paneelid (elekt) 0.0										
Vabasoojused Inimesed Seadmed Valgustus Kasutusaste Kasutusaeg päeva nädalas tundi päevas										
W/m² W/m² W/m² % d h										
3 3 8 60 7 24										
10 7 24										
Kuupäev Nimi /allkirjastatud digitaalselt/										

Lisa 11. Versioon 3 energiamärgise tulemused

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta								
Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu					☐	Oluline rekonstrueerimine	
Aadress						☐	Rekonstrueerimine	
Ehitusaasta								
Kõetav pind	3763.0	m ²						
Madala temp.seadega pind	0.0	m ²						
Netopind	4507.8	m ²						
Energiaühik	108	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energiaühik B	108	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
B Energiaühik ilma lokaalselt toodetud elektrita								
Energiaühik	Hangitud kütused	Tarnitud energia	Tarnitud energia	Eksporditud energia	Eksporditud energia	Kaalumis-egur	Kaalutud energiaühik	
kokkuvõte	massi või kogus/a	mahuühik	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	-	kWh/(a m ²)
Elekter	-	-	131 015	34.8	0	0.0	2.0	69.6
Tõhus kaugküte			221 236	58.8			0.65	38.2
...								0.0
Summa	-	-	352 251	93.6	0	0	-	107.8
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	
Soojusenergia päikesest			0	0.0				
Elekter päikesest			0	0.0	0	0.0	40%	
...								
Summaarne energiaühik			Elekter	Soojus	Elekter	Soojus		
			kWh/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/(a m ²)		
Küttesüsteem			-	-	-	-		
Ruumide küte			0	82 511	0.0	21.9		
Ventilatsiooniõhu soojendamine			0	13 292	0.0	3.5		
Tarbevee soojendamine			0	125 433	0.0	33.3		
Abiseadmete elekter			1 882	-	0.5	-		
Ventilatsioonisüsteem ¹			17 998	-	4.8	-		
Jahutussüsteem								
Abiseadmete elekter				-		-		
Valgustus			26 371	-	7.0	-		
Seadmed			84 764	-	22.5	-		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiaühik)			131 015	221 236	34.8	58.8		
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks								
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)				
Ruumide küte ²			72 032	19.1				
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			11 962	3.2				
Tarbevee soojendamine			112 890	30.0				
Ruumide jahutus			0	0.0				
Ventilatsiooniõhu jahutus			0	0.0				
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis								
³ arvutatud koos soojustagastusega								
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			Kraadpäevade alusel arvutus					
0								
Kuupäev			Nimi					
/allkirjastatud digitaalselt/								

Lisa 12. Versioon 3 tulemused kasutades KEK väärtusi ja taastuenergiat

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta

Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu	☐	Oluline rekonstrueerimine
Aadress		☐	Rekonstrueerimine
Ehitusaasta			
Kõetav pind	3763,0 m ²		
Madala temp.seadega pind	0,0 m ²		
Netopind	4507,8 m ²		
Energiaühik	80 kWh/(m² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)	
Energiaühik A	80 kWh/(m² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)	

^a Energiaühik ilma lokaalselt toodetud elektri

Energiaühik	Hangitud kütused	Tarnitud energia	Tarnitud energia	Eksporditud energia	Eksporditud energia	Kaalumis- tegur	Kaalutud energiakasutus
kokkuvõte	massi või kogus/a	mahuühik	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	- kWh/(a m ²)
Elekter	-	-	68 679	18,3	36962	9,8	2,0 36,5
Tõhus kaugküte			216 636	57,6			0,65 37,4
Gaas			22201,7	5,9			1 5,9
Summa	-	-	307 517	81,7	36 962	10	- 79,8

Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia	Lokaalselt toodetud	Eksporditud	Omatarbe osakaal
	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a kWh/(a m ²) %

Soojusenergia päikesest

0

0,0

Elekter päikesest

82 137

21,8

36962

9,8

55%

...

Summaarne energiakasutus	Elekter	Soojus	Elekter	Soojus
	kWh/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/(a m ²)

Küttesüsteem

-

-

-

-

Ruumide küte

0

82 511

0,0

21,9

Ventilatsiooniõhu soojendamine

0

13 291

0,0

3,5

Tarbevee soojendamine

0

120 834

0,0

32,1

Abiseadmete elekter

1 882

-

0,5

-

Ventilatsioonisüsteem¹

17 998

-

4,8

-

Jahutussüsteem

-

-

-

-

Abiseadmete elekter

-

-

0,0

-

Valgustus

-

-

0,0

-

Seadmed

93 975

-

25,0

-

Summa (tehnosüsteemide

summaarne energiakasutus)

113 855

216 636

30,3

57,6

¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks

Netoenergiavajadus	kWh/a	kWh/(a m ²)
--------------------	-------	-------------------------

Ruumide küte²

72 032

19,1

Ventilatsiooniõhu soojendamine³

11 962

3,2

Tarbevee soojendamine

108 751

28,9

Ruumide jahutus

0

0,0

Ventilatsiooniõhu jahutus

0

0,0

² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis

³ arvutatud koos soojustagastusega

Arvutusprogrammi nimi ja versioon	Kraadpäevade alusel arvutus
-----------------------------------	-----------------------------

0

0

Kuupäev

Nimi

/allkirjastatud digitaalselt/

Lisa 13. Versioon 3.1 koos keldri põranda soojustamisega tulemused kasutades **KEK väärtusi ja taastuenergiat**

Energiaarvutuse tulemuste esitamine								
Andmed hoone kohta								
Hoone kasutusotstarve	11220 Kolme või enama korteriga elamu				☐	Oluline rekonstrueerimine		
Aadress					☐	Rekonstrueerimine		
Ehitusaasta								
Kõetav pind	3763,0	m ²						
Madala temp.seadega pind	0,0	m ²						
Netopind	4507,8	m ²						
Energiaühik	79	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energiaühik A	79	kWh/(m ² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)					
Energiaühik ilma lokaalselt toodetud elektrita								
Energiaühik	Hangitud kütused	Tarnitud	Tarnitud	Eksporditud	Eksporditud	Kaalumis-	Kaalutud	
kokkuvõte	massi või	energia	energia	energia	energia	tegur	energiaühik	
	kogus/a	mahuühik	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	-	kWh/(a m ²)
Elekter	-	-	68 679	18,3	36962	9,8	2,0	36,5
Tõhus kaugküte			210 954	56,1			0,65	36,4
Maagaas			22219,4	5,9			1	5,9
Summa	-	-	301 853	80,2	36 962	10	-	78,8
Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia			Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
			kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	
Soojusenergia päikesest			0	0,0				
Elekter päikesest			82 137	21,8	36962	9,8	55%	
...								
Summaarne energiakasutus			Elekter	Soojus	Elekter	Soojus		
			kWh/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/(a m ²)		
Küttesüsteem			-	-	-	-		
Ruumide küte			0	76 842	0,0	20,4		
Ventilatsiooniõhu soojendamine			0	13 278	0,0	3,5		
Tarbevee soojendamine			0	120 834	0,0	32,1		
Abiseadmete elekter			1 882	-	0,5	-		
Ventilatsioonisüsteem ¹			17 998	-	4,8	-		
Jahutussüsteem								
Abiseadmete elekter								
Valgustus					0,0	-		
Seadmed			93 975	-	25,0	-		
Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)			113 855	210 954	30,3	56,1		
¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks								
Netoenergiavajadus			kWh/a	kWh/(a m ²)				
Ruumide küte ²			67 083	17,8				
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³			11 950	3,2				
Tarbevee soojendamine			108 751	28,9				
Ruumide jahutus			0	0,0				
Ventilatsiooniõhu jahutus			0	0,0				
² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis								
³ arvutatud koos soojustagastusega								
Arvutusprogrammi nimi ja versioon			Kraadpäevade alusel arvutus					

Lisa 14. Soojuskadude võrdlustabel

renoveerimise pakett	soojuskaod							
	välissein, kWh/a	katuslagi, kWh/a	põrand, kWh/a	aknad, kWh/a	uksed, kWh/a	külmasillad, kWh/a	soojuskaod , kWh/a	energia võit, kWh/a
soojustamata hoone	182374	70999	20311	109828	2566	134916	520994	
variant 1	39667	8866	22558	71522	2804	17788	163205	357789
variant 2	35212	8884	22616	72279	2809	17821	159621	361373
variant 2.1	35820	9042	23240	61743	2843	17150	149838	371156
variant 3	35310	9039	23243	61728	2844	18095	150259	370735
variant 3.1	36048	9083	12859	62219	1893	18241	140343	380651

Lisa 15. Netoenergia ja ETA energiakulu

renoveerimise pakett	Netoenergia ja ventilatsiooniõhu soojendamine				ETA	
						aastane energiakulu
	ventilatsiooniõhk, kWh/a	netoenergia, kWh/a	energia kulu kokku, kWh/a	energia võit, kWh/a	kWh/(m ² *a)	kWh/a
soojustamata hoone	0	433816	433816		166	624658
variant 1	29544	90279	119823	313993	120	451560
variant 2	29514	87458	116972	316844	119	447797
variant 2.1	29203	71680	100883	332933	116	436508
variant 3	11962	72032	83994	349822	108	406404
Variant 3.1	11950	67083	79033	354783	107	402641

Lisa 16. Ehituseelarvete tabel [24] [25] [26] [27]

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)		Kohapealne Tõstetud katus Keldri põranda soojustus Tehaseline Korteripõhine vent							
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
0	TELLIJA KULUD				118 481,70				125 550,92
O1	Projekti rahastamiskulud				118 481,70				125 550,92
O15	Tellija reserv				118 481,70				125 550,92
	Tellija reserv	%	5,0%	2 369 634,00	118 481,70	%	5,0%	2 511 018,43	125 550,92
1	VÄLISRAJATISED				149 968,00				149 968,00
11	Ettevalmistus ja lammutus				87 850,00				87 850,00
111	Ettevalmistus ja raadamine				500,00				500,00
	Likvideeritavad puud	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	500,00	500,00
113	Taimestiku kaitse				500,00				500,00
	Puuvõrade kaitse	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	500,00	500,00
117	Hoonete ja rajatiste lammutamine				78 350,00				78 350,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus
			Tehaseline			Korteripõhine vent			
Koo d	Nimetus	Ühi k	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
	Sillutisriba lammutamine	jm	164,00	15,00	2 460,00	jm	164,00	15,00	2 460,00
	Keldribokside lammutamine	kom	1,00	3 000,00	3 000,00	kompl	1,00	3 000,00	3 000,00
	Sissepääsu treppide lammutamine	tk	4,00	400,00	1 600,00	tk	4,00	400,00	1 600,00
	Sissepääsu varikatuste lammutamine	tk	4,00	450,00	1 800,00	tk	4,00	450,00	1 800,00
	Välisseinte ankurdamine	m2	130,00	12,00	25 560,00	m2	130,00	12,00	25 560,00
	Rõdu piirete eemaldamine	tk	64,00	120,00	7 680,00	tk	64,00	120,00	7 680,00
	Rõdu põrandapaneelide maha lõikamine	tk	64,00	350,00	22 400,00	tk	64,00	350,00	22 400,00
	Uute rõdude usteavade rajamine	tk	16,00	350,00	5 600,00	tk	16,00	350,00	5 600,00
	Korstende lammutamine	tk	16,00	350,00	5 600,00	tk	16,00	350,00	5 600,00
	Aknaplekkide demonteerimine	kom	1,00	650,00	650,00	kompl	1,00	650,00	650,00
	Olemasolevate tehnosüsteemide lammutamine	pl	1,00	2 000,00	2 000,00	kompl	1,00	2 000,00	2 000,00
Räästa üleulatuva osa maha lõikamine					-	jm	170,50	80,00	13 640,00
Keldri põranda lammutamine 100mm betoon									
		m²	680	16	10 800,00	m²		680	16 10 800,00
118	Raadamis- ja lammutusjäätmete vedu ja utiliseerimine				8 500,00				8 500,00
	Lammutusjäätmete utiliseerimine	obj	1,00	8 500,00	8 500,00	obj	1,00	8 500,00	8 500,00
14	Hoonevälised ehitised				37 008,00				37 008,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)						Tõstetud katus				Keldri põranda soojustus	
		Kohapealne									
		Tehaseline									
		Korteripõhine vent									
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind		
141	Estakaadid, kaldteed ja pandused				11 808,00				11 808,00		
	Sillutisriba rajamine	jm	164,00	72,00	11 808,00	jm	164,00	72,00	11 808,00		
143	Välistrepid				11 200,00				11 200,00		
	Sissepääsu treppide rajamine koos pesubetonplaatidega	tk	4,00	2 800,00	11 200,00	tk	4,00	2 800,00	11 200,00		
144	Varikatused				14 000,00				14 000,00		
	Sissepääsu varikatuste rajamine	tk	4,00	3 500,00	14 000,00	tk	4,00	3 500,00	14 000,00		
16	Kaeved maa-alal				16 800,00				16 800,00		
162	Kaeved				8 400,00				8 400,00		
	Sokli lahti kaevamine	m3	300,00	28,00	8 400,00	m3	300,00	28,00	8 400,00		
163	Täited				8 400,00				8 400,00		
	Tagasitäide, tihendamine	m3	300,00	28,00	8 400,00	m3	300,00	28,00	8 400,00		
17	Maa-ala pinnakatted				8 310,00				8 310,00		
171	Haljastus				3 500,00				3 500,00		
	Murukatte taastamine (vajadusel kasvumuld, muruseeme)	obj	1,00	3 500,00	3 500,00	obj	1,00	3 500,00	3 500,00		
173	Teede ja platside katted				3 910,00				3 910,00		

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus	
			Tehaseline			Korteripõhine vent				
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	
175	Sissepääsude ees uued sillutiskividega platsid kuni kõnniteeni sh äärekivid	m2	46,00	85,00	3 910,00	m2	46,00	85,00	3 910,00	
	Äärekivid ja sadeveerennid				900,00				900,00	
	Betoonist sadeveerennid	jm	20,00	45,00	900,00	jm	20,00	45,00	900,00	
2	ALUSED JA VUNDAMENDID				26 055,00				43 575,33	
22	Vundamendid				26 055,00				43 575,33	
227	Alustarindite sooja- ja hüdroisolatsioon				26 055,00				43 575,33	
	Vundamendi hüdroisolatsioon Sokli maa-aluse osa soojustamine (vundamendi tallani), EPS 120 100mm	m²	385,00	13,00	5 005,00		m²	385,00	13,00	5 005,00
	Sokli maapealse osa soojustamine EPS 120 150mm, puitkarkass	m²	230,00	35,00	8 050,00		m²	230,00	35,00	8 050,00
	Sokli elementide toetamise vinklite paigaldus					jm	170,50	72,26	12 320,33	
	Sokli maapealse osa soojustamine EPS 120 250mm, puitkarkass						m²	130,00	90,00	11 700,00
	Sokli kivipuruga tsementkiudplaat	m²	130,00	50,00	6 500,00		m²	130,00	50,00	6 500,00
3	KANDE TARINDID				354 920,00				519 504,10	

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus	
			Tehaseline			Korteripõhine vent				
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	
32	Kandvad ja välisseinad				354 920,00				519 504,10	
325	Seinte elemendid				9 220,00				9 220,00	
	Lipuvarda hoidja	tk	1,00	100,00	100,00	tk	1,00	100,00	100,00	
	Tänavasilt	tk	1,00	100,00	100,00	tk	1,00	100,00	100,00	
	Akna veeplekid	jm	410,00	22,00	9 020,00	jm	410,00	22,00	9 020,00	
326	Seinte puittarindid				25 650,00					
	Akna puitraam	jm	1 710,00	15,00	25 650,00					
327	Sooja-, heli- ja hüdroisolatsioon				117 150,00					
	Fassaadi puitkonstruktsioon, mineraalvill 200 mm	m²	2 130,00	55,00	117 150,00					
327	Sooja-, heli- ja hüdroisolatsioon								510 284,10	
	Välisseina soojustamise elemendid 200mm kivivill 50 mm klaasvill 13 mm mineraalvillast tuuletõke, massvärvitud fassaadi plaat						m²	2 130,00	239,57	510 284,10
328	Seinte fassaadikatted				202 900,00					
	Tuuletõke, massvärvitud fassaadiplaat	m²	2 130,00	80,00	170 400,00					
	Aknapalede soojustamine ja vormistamine	jm	1 300,00	25,00	32 500,00					

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

	Kohapealne		Tõstetud katus		Keldri põranda soojustus
	Tehaseline		Korteripõhine vent		

Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
4	FASSAADIELEMEN DID JA KATUSED				874 751,00				825 858,00
42	Aknad				186 760,00				161 492,00
421	Aknaalauad				12 544,00				12 544,00
	PVC aknaalauad	jm	392,00	32,00	544,00	jm	392,00	32,00	12 544,00
427	PVC aknad				174 216,00				148 948,00
	Vanade akende eemaldus ja utiliseerimine	tk	276,00	23,00	348,00	tk	276,00	23,00	6 348,00
	Sisemised ja välimised teibid	kom pl	1,00	000,00	000,00				
	Aken A-1 (1250x1360)	tk	160,00	450,00	000,00	tk	160,00	450,00	72 000,00
	Rõdukomplekt A-2 (2050x2100)	tk	80,00	580,00	400,00	tk	80,00	580,00	46 400,00
	Aken A-3 (1360x1360)	tk	16,00	500,00	000,00	tk	16,00	500,00	8 000,00
	Aken A-4 (1360x660)	tk	4,00	350,00	400,00	tk	4,00	350,00	1 400,00
	Aken A-5 (1140x500) koos kilega	tk	16,00	350,00	600,00	tk	16,00	350,00	5 600,00
	Suitsuärastusmootorid	kom pl	1,00	200,00	200,00	kompl	1,00	9 200,00	9 200,00
	Akende paigaldus	m²	581,00	28,00	268,00				
43	Välisüksed ja väravad				106 300,00				106 300,00
431	Lukustus ja varustus				6 600,00				6 600,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

		Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus	
		Tehaseline			Korteripõhine vent				
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
432	Lukud, sulused	kom		3	3				
	Fono pult koos	pl	1,00	400,00	400,00	kompl	1,00	3 400,00	3 400,00
	paigaldusega (jääb vana kaabeldus ja torud)	tk	4,00	800,00	200,00	tk	4,00	800,00	3 200,00
	Alumiiniumuksed ja -väravad				800,00				800,00
	Välisuks VU-1 (1160x2020)	tk	4,00	400,00	600,00	tk	4,00	2 400,00	9 600,00
433	Keldri uks (780x2020)	tk	4,00	800,00	200,00	tk	4,00	1 800,00	7 200,00
	Terasuksed ja -väravad				900,00				900,00
	Soojussõlme uks SU-01 (1080x2010)	tk	1,00	650,00	650,00	tk	1,00	650,00	650,00
	Korteri uks KU-01 (900x2000)	tk	40,00	850,00	000,00	tk	40,00	850,00	34 000,00
	Korteri uks KU-02 (900x2000)	tk	40,00	850,00	000,00	tk	40,00	850,00	34 000,00
46	Kilbiruumi uks TU-01 (780x2050)	tk	1,00	750,00	750,00	tk	1,00	750,00	750,00
	Uste paigaldus	tk	90,00	150,00	500,00	tk	90,00	150,00	13 500,00
					435				435
	Rõdud ja terrassid				200,00				200,00
					20				20
462	Betoontarindid				800,00				800,00
	Rõdude vundamentide rajamine	tk	32,00	650,00	800,00	tk	32,00	650,00	20 800,00
					316				316
	Metalltarindid				800,00				800,00
	Rõdu piirde teraskonstruksioon	püstak	16,00	500,00	000,00	püstak	16,00	7 500,00	120 000,00
463	Rõdu lükandklaasid	tk	80,00	150,00	000,00	tk	80,00	1 150,00	92 000,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus		
			Tehaseline			Korteripõhine vent					
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind		
	Rõdu piirde klaas 4+4 lamineeritud ja karastatud	tk	80,00	150,00	12 000,00	tk	80,00	1 150,00	92 000,00		
	Rõdu klaaskatus	tk	16,00	800,00	12 800,00	tk	16,00	800,00	12 800,00		
466	Puittarindid Rõdu põranda tsementkiudplaat				600,00				600,00	61	
	Sooja- ja hüdroisolatsioon	tk	80,00	770,00	61 600,00	tk	80,00	770,00	61 600,00		
467	Polükarbamiid (või Protan)				000,00				000,00	36	
		tk	80,00	450,00	36 000,00	tk	80,00	450,00	36 000,00		
					146						122
48	Katusetarindid				491,00						866,00
482	Tasanduskihid				430,00						430,00
	Katuse ettevalmistustööd, aurukottide eemaldamine	m²	900,00	4,50	4 050,00		m²	900,00	4,50	4 050,00	
	Katuseluukide eemaldus	tk	2,00	190,00	380,00	tk	2,00	190,00	380,00		
484	Müüritised Ventilatsioonikorstnate ladumine, vk vineeri ja linnuvõrkude paigaldamine				320,00				320,00	8	
		tk	16,00	520,00	8 320,00	tk	16,00	520,00	8 320,00		
						tk	90,00	78,00	7 020,00		
485	Elemendid (pollarid, luugid jms)				890,00						890,00
	Katuseluugid	tk	2,00	820,00	1 640,00	tk	2,00	820,00	1 640,00		
	Ventilatsiooni jaotuskastid	tk	16,00	650,00	10 400,00	tk	16,00	650,00	10 400,00		

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus	
			Tehaseline			Korteripõhine vent				
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	
486	Kanali tuulutustorude pikendamine	tk	16,00	100,00	1 600,00	tk	16,00	100,00	1 600,00	7
	Alarõhutuulutid	tk	15,00	30,00	450,00	tk	15,00	30,00	450,00	
	Katusepollarid	tk	8,00	450,00	3 600,00	tk	8,00	450,00	3 600,00	
	Vihmaveesüsteem	kompl	1,00	200,00	200,00	kompl	1,00	9 200,00	9 200,00	
	Puittarindid				975,00				350,00	
	Räästasõlme ehitamine	jm	175,00	135,00	625,00					
487	Ventilatsioonimagistraalide tugevdused	m²	123,00	50,00	6 150,00	m²	123,00	50,00	6 150,00	45
	Ventseadme alus	tk	1,00	200,00	200,00	tk	1,00	1 200,00	1 200,00	
	Sooja- ja hüdroisolatsioon				45 000,00				45 000,00	
	Katuse isolatsioon 300 mm EPS 60, villamatt 50 mm sh vajalikus mahus mineraalvill ventilatsioonitorustike ja läbiviikude jaoks	m²	900,00	50,00	45 000,00	m²	900,00	50,00	45 000,00	
487	Sooja- ja hüdroisolatsioon									148
487	Katuseelement 475mm (sh 350 mm mineraalvill)						m²	900,00	165,00	148 500,00
					30 876,00					30
488	Katusekatted									
	SBS katusekate 2 kihti	m²	950,00	21,00	19 950,00	m²	950,00	21,00	19 950,00	
	SBS ülespöörded 2 kihti	m²	200,00	28,00	5 600,00	m²	200,00	28,00	5 600,00	
	Lisa SBS tugevdustele	m²	123,00	12,00	1 476,00	m²	123,00	12,00	1 476,00	

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

	Kohapealne		Tõstetud katus		Keldri põranda soojustus
	Tehaseline		Korteripõhine vent		

Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
	Servaplekk	jm	175,00	22,00	3 850,00	jm	175,00	22,00	3 850,00
	SBS katusekate 1 kiht						m²	920,00	11,00 10 120,00
	SBS ülespöörded 2 kihti						m²	120,00	28,00 3 360,00
	Teenindusluuk katuse alla	tk	2,00		400,00 800,00				

5	RUUMITARINDID JA PINNAKATTED				243 450,00				243 450,00
51	Vaheseinad				52 300,00				52 300,00
513	Metallvaheseinad Keldri panipaikade rajamine koos ustega	tk	80,00	600,00	48 000,00	tk	80,00	600,00	48 000,00
514	Laotud vaheseinad Uute avade tegemine keldrisse telgedel 3, 8 ja 11 ning sildamine Uue seina ladumine teljel 7	tk	3,00	650,00	1 950,00	tk	3,00	650,00	1 950,00
	Keldri vaheseina tihendamine	tk	1,00	350,00	350,00	tk	1,00	350,00	350,00
	tuletõkkenormide järgi	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	1 500,00	1 500,00
	Elektrikilbi ruumi tihendamine	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	500,00	500,00
53	Siseseinte pinnakatted				89 160,00				89 160,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus
			Tehaseline			Korteripõhine vent			
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
531	Värvkatted				83				83
	Radiaatorite taguste viimistlemine	tk	290,00	90,00	26 100,00	tk	290,00	90,00	26 100,00
	Trepikoja seinte kohtparandused, värvimine	m²	780,00	16,00	12 480,00	m²	780,00	16,00	12 480,00
	Trepikodade tähistused	kompl	1,00	480,00	480,00	kompl	1,00	480,00	480,00
	Trepikodade kaablite karbikud	trepik	4,00	000,00	000,00	trepik	4,00	1 000,00	4 000,00
	Aknapalede taastamine (korterid ja trepikojad)	tk	260,00	115,00	29 900,00	tk	260,00	115,00	29 900,00
	Korterite uste palede taatamine	tk	80,00	130,00	10 400,00	tk	80,00	130,00	10 400,00
	Vent. Karbikute ehitus/viimistlus	kompl	80	680	54 400,00	kompl	80	680	54 400,00
533	Metall ja plekk-katted				5				5
	Elektrikilpide uste vahetus	tk	20,00	290,00	5 800,00	tk	20,00	290,00	5 800,00
54	Lagede pinnakatted				6				6
541	Värvkatted				6				6
	Trepikoja lagede kohtparandused, värvimine	m²	310,00	20,00	6 200,00	m²	310,00	20,00	6 200,00
55	Treppide pinnakatted				24				24
553	Astmete epokatted ja pinnakõvendid				16				16
	Trepimarsside puhastamine ning värviliste helvestega epomassiga katmine	m²	200,00	80,00	16 000,00	m²	200,00	80,00	16 000,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus
			Tehaseline			Korteripõhine vent			
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
555	Trepid				8 690,00				8 690,00
	Trepipiirete puhastamine 1. korrusele uute käsipuude paigaldamine	jm	116,00	30,00	3 480,00	jm	116,00	30,00	3 480,00
	Trepipiirete käsipuude paigaldamine	jm	12,00	80,00	960,00	jm	12,00	80,00	960,00
	Katusele pääsu redelite värvimine	tk	2,00	95,00	190,00	tk	2,00	95,00	190,00
56	Põrandad ja põrandakatted				71 100,00				71 100,00
562	Põrandatasandus				57 800,00				57 800,00
	Keldrikorruse raudbetoonpõranda rajamine sh tolmutõkkega katmine	m²	680,00	85,00	57 800,00	m²	680,00	85,00	57 800,00
	Keldrikorruse põranda lisasoojustus 50mm XPS	m²	680,00	11,00	7 480,00	m²	680,00	11,00	7 480,00
565	Plaatpõrandad				13 300,00				13 300,00
	Tuulekoja põranda ja trepimademet vanade plaatide eemaldamine, tasandus, plaatimine	m²	140,00	95,00	13 300,00	m²	140,00	95,00	13 300,00
6	SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED				5 000,00				5 000,00
62	Inventar				5 000,00				5 000,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus
			Tehaseline			Korteripõhine vent			
Koo d	Nimetus	Ühi k	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
	Inventar				5 000,00				5 000,00
	Postkastid	tk	84,00	50,00	4 200,00	tk	84,00	50,00	4 200,00
	Rattahoidjad	kom							
	keldrikorrusel	pl	1,00	800,00	800,00	kompl	1,00	800,00	800,00
					614				604
7	TEHNOSÜSTEEMID				540,00				540,00
					22				22
71	Veevarustus ja kanalisatsioon				600,00				600,00
					6				6
711	Veevarustus				000,00				000,00
	Keldrikorruse ulatuses								
	külma vee torustiku	kom		6	6				
	isoleerimine	pl	1,00	000,00	000,00	kompl	1,00	6 000,00	6 000,00
					16				16
712	Kanalisatsioon				600,00				600,00
	Kanalisatsiooni								
	magistraalid keldris kuni	kom		16	16				
	väliskaevuni	pl	1,00	000,00	000,00	kompl	1,00	16 000,00	16 000,00
	Soojussõlme trapi	kom							
	rajamine	pl	1,00	600,00	600,00	kompl	1,00	600,00	600,00
					361				351
72	Küte, ventilatsioon ja jahutus				640,00				640,00
					76				76
721	Küttetorustik				000,00				000,00
		kom		63	63				
	Küttesüsteemi torustik	pl	1,00	000,00	000,00	kompl	1,00	63 000,00	63 000,00
	Ventilatsiooni	kom		13	13				
	kalorifeerisüsteem	pl	1,00	000,00	000,00	kompl	1,00	13 000,00	13 000,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus
			Tehaseline			Korteripõhine vent			
Koo d	Nimetus	Ühi k	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
722	Küttekahad				26 000,00				26 000,00
	<i>Radiaatorid</i>	<i>kompl</i>	1,00	26 000,00	26 000,00	<i>kompl</i>	1,00	26 000,00	26 000,00
723	Katlamajad, soojasõlmed, boilerid				15 000,00				15 000,00
	<i>Uus komplektne soojasõlm</i>	<i>kompl</i>	1,00	15 000,00	15 000,00	<i>kompl</i>	1,00	15 000,00	15 000,00
724	Ventilatsiooniseadmed				44 640,00				44 640,00
	<i>Ventilatsiooniseade</i>	<i>tk</i>	2,00	21 000,00	42 000,00	<i>tk</i>	2,00	21 000,00	42 000,00
	<i>Värskeõhuklapid</i>	<i>tk</i>	22,00	2 120,00	2 640,00	<i>tk</i>	22,00	2 120,00	2 640,00
	<i>Ventilatsiooniseade</i>	<i>tk</i>	80	136 1700	136 000,00	<i>tk</i>	80	136 1700	136 000,00
725	Ventilatsioonitorustikud				200 000,00				190 000,00
	<i>Teemantpuurimine</i>	<i>kompl</i>	1,00	15 000,00	15 000,00	<i>kompl</i>	1,00	15 000,00	15 000,00
	<i>Ventilatsioonitorustikud, ventilatsioonitööd</i>	<i>kompl</i>	1,00	185 000,00	185 000,00	<i>kompl</i>	1,00	175 000,00	175 000,00
	<i>Ventilatsioonitorustikud, ventilatsioonitööd</i>	<i>kompl</i>	80,00	2 800,00	224 000,00	<i>kompl</i>	80,00	2 800,00	224 000,00
74	Tugevvoolupaigaldis				230 300,00				230 300,00
741	Elektri peajaotussüsteemid				7 000,00				7 000,00
	<i>PJK rekonstrueerimine</i>	<i>kompl</i>	1,00	3 500,00	3 500,00	<i>kompl</i>	1,00	3 500,00	3 500,00
	<i>Tehnosüsteemide toited</i>	<i>kompl</i>	1,00	3 500,00	3 500,00	<i>kompl</i>	1,00	3 500,00	3 500,00
743	Kaabeldus				15 500,00				15 500,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne				Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus
			Tehaseline				Korteripõhine vent			
Koo d	Nimetus	Ühi k	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	
		<i>kom</i>		7	7					
	<i>Kaabeldus ja tööd</i>	<i>pl</i>	1,00	500,00	500,00	<i>kompl</i>	1,00	7 500,00	7 500,00	
	<i>Suitsuärastussüsteem</i>	<i>kom</i>		8	8					
	<i>koos kaabeldusega</i>	<i>pl</i>	1,00	000,00	000,00	<i>kompl</i>	1,00	8 000,00	8 000,00	
					5				5	
744	Valgustussüsteem				300,00				300,00	
		<i>kom</i>		5	5					
	<i>Valgustid</i>	<i>pl</i>	1,00	300,00	300,00	<i>kompl</i>	1,00	5 300,00	5 300,00	
	Piksekaitse ja				2				2	
746	maandus				500,00				500,00	
	<i>Maandus ja</i>	<i>kom</i>		2	2					
	<i>potentsiaaliühtlustus</i>	<i>pl</i>	1,00	500,00	500,00	<i>kompl</i>	1,00	2 500,00	2 500,00	
					200				200	
747	Varutoiteseadmed				000,00				000,00	
	<i>PV paneelid 200 kW</i>	<i>kw</i>	200,00	000,00	200 000,00	<i>kw</i>	200,00	1 000,00	200 000,00	
8	EHITUSPLATSI KORRALDUSKULU D				49 400,00				66 273,00	
81	Ajutised ehitised ehitusplatsil				28 900,00				37 800,00	
811	Soojakud ja olmeruumid				2 500,00				2 500,00	
		<i>kom</i>		2	2					
	<i>Ehitussoojakud</i>	<i>pl</i>	1,00	500,00	500,00	<i>kompl</i>	1,00	2 500,00	2 500,00	
	Piirded ja				1				1	
815	reklaamtahvlid				700,00				700,00	
		<i>kom</i>		1	1					
	<i>Piirdeaiad</i>	<i>pl</i>	1,00	700,00	700,00	<i>kompl</i>	1,00	1 700,00	1 700,00	
	Tellingud, lavad ja				24				33	
818	tõstukid				700,00				600,00	

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

	Kohapealne		Tõstetud katus		Keldri põranda soojustus
	Tehaseline		Korteripõhine vent		

Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
	Ehitustellingud	m²	2	600,00	9,50				
	Tõstukid					kompl	1,00	33 600,00	33 600,00
83	Masinad ja seadmed				500,00				348,00
832	Mobiilkraanad	kompl	1,00	500,00	500,00				348,00
	Kraana tõstetöödeks	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	10 348,00	10 348,00
85	Abimaterjalid				500,00				500,00
	Abimaterjalid	kompl	1,00	500,00	500,00				500,00
	Abimaterjalid	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	3 500,00	3 500,00
86	Energiakulu				500,00				625,00
861	Elektrikulu	kompl	1,00	500,00	500,00				875,00
	Ehitusaegne elekter	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	0,75	2 500,00	1 875,00
862	Veekulu	kompl	1,00	000,00	000,00				750,00
	Ehitusaegne vesi	kompl	1,00	000,00	000,00	kompl	0,75	1 000,00	750,00
87	Veod				000,00				000,00
871	Materjalide vedu				000,00				000,00

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)			Kohapealne			Tõstetud katus			Keldri põranda soojustus	
			Tehaseline			Korteripõhine vent				
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	
	Soojustuselementide transport					kompl	1,00	3 000,00	3 000,00	
872	Ehitusmaterjalide vedu	kompl	1,00	3 000,00	3 000,00	kompl	1,00	3 000,00	3 000,00	
	Seadmete ja masinate vedu				1 500,00				500,00	
874	Ehitusseadmete vedu	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	1 500,00	1 500,00	
	Jäätmekäitlus				500,00				500,00	
	Ehitusjäätmete utiliseerimine	kompl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	4 500,00	4 500,00	
9	EHITUSPLATSI ÜLDKULUD				51 550,00				52 850,00	
91	Juhtimiskulu				24 000,00				18 000,00	
911	ITP palgad				20 000,00				15 000,00	
	Ehitustööde juhtimine	kompl	1,00	20 000,00	20 000,00	kompl	0,75	20 000,00	15 000,00	
	Kontori üldpidamiskulud				4 000,00				3 000,00	
912	Kontor, side jmt	kompl	1,00	4 000,00	4 000,00	kompl	0,75	4 000,00	3 000,00	
92	Kulud abistavatele tegevustele				25 000,00				32 300,00	
921	Mõõtmine				22 000,00				29 300,00	
	Laserskaneerimine					kompl	1,00	3 300,00	3 300,00	

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

		Kohapealne				Tõstetud katus				Keldri põranda soojustus	
		Tehaseline				Korteripõhine vent					
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind		
	Tööprojekt				15 000,00						
	Ventilatsioonisüsteemi	kom		4	4	kompl	1,00	19 000,00	19 000,00		
	möödistamine	pl	1,00	000,00	000,00	kompl	1,00	4 000,00	4 000,00		
	Küttesüsteemi	kom		1	1						
	möödistamine	pl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	1 500,00	1 500,00		
	Elektrisüsteemi audit	kom		1	1						
		pl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	1 500,00	1 500,00		
					1						1
924	Ehitusplatsi korrashoid				500,00				500,00		
		kom		1	1						
	Üldine korrashoid	pl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	1 500,00	1 500,00		
					1						1
925	Lõplik koristamine				500,00				500,00		
	Lõplik koristus, heakorra taastamine	kom		1	1						
		pl	1,00	500,00	500,00	kompl	1,00	1 500,00	1 500,00		
					2						2
96	Lepingu erikulud				550,00				550,00		
961	Ehitustööde kindlustus				950,00				950,00		
		kom									
	CAR kindlustus	pl	1,00	950,00	950,00	kompl	1,00	950,00	950,00		
962	Ehitusaegsed rahastamiskulud				800,00				800,00		
		kom									
	Täitmisaaja tagatis	pl	1,00	800,00	800,00	kompl	1,00	800,00	800,00		
963	Garantiiaja tagatis, - kindlustus				800,00				800,00		
		kom									
	Garantiitagatis	pl	1,00	800,00	800,00	kompl	1,00	800,00	800,00		

KOONDTABEL

AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

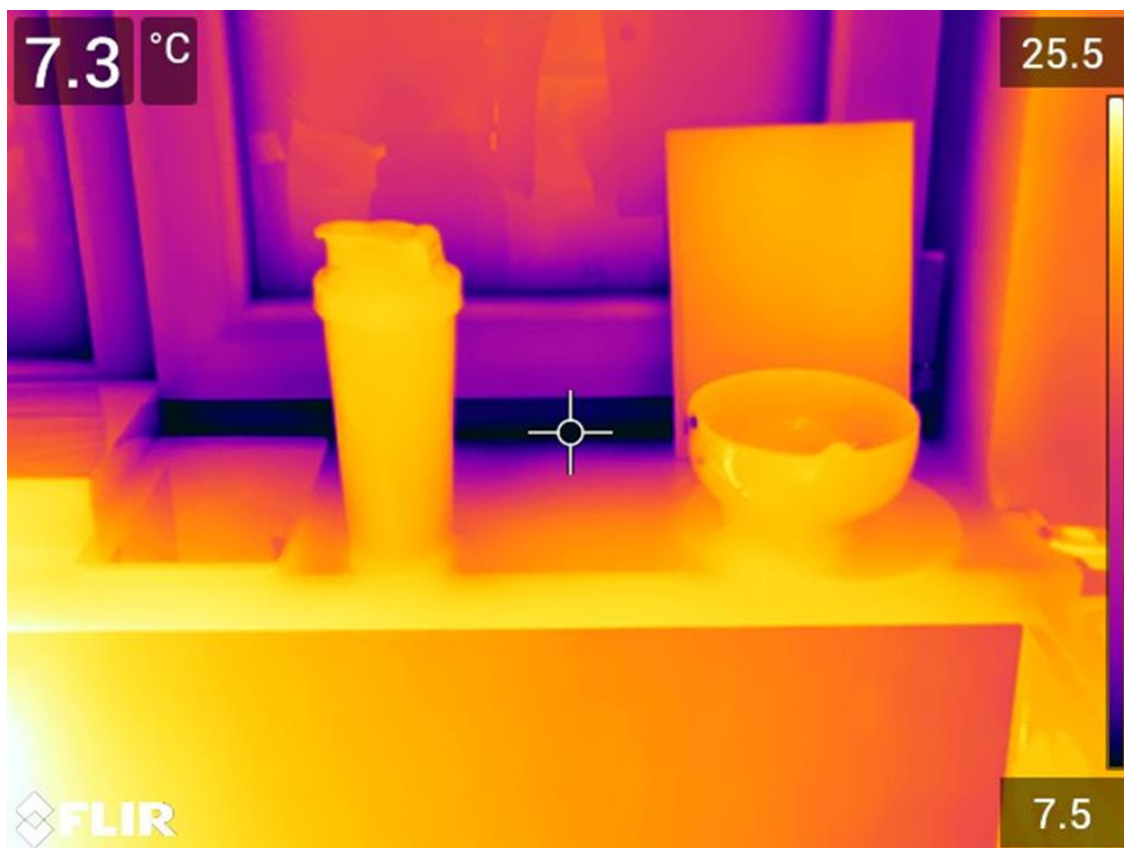
	Kohapealne	Tõstetud katus	Keldri põranda soojustus
	Tehaseline	Korteripõhine vent	

Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind
0	TELLIJA KULUD		118 481,70				125 550,92		
1	VÄLISRAJATISED		149 968,00				149 968,00		
2	ALUSED JA VUNDAMENDID		26 055,00				43 575,33		
3	KANDEKATID JA FASSAADIELEMENDID		354 920,00				519 504,10		
4	D JA KATUSED		874 751,00				825 858,00		
5	RUUMIKATID JA PINNAKATID		243 450,00				243 450,00		
6	SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED		5 000,00				5 000,00		
7	TEHNOSÜSTEEMID		614 540,00				604 540,00		

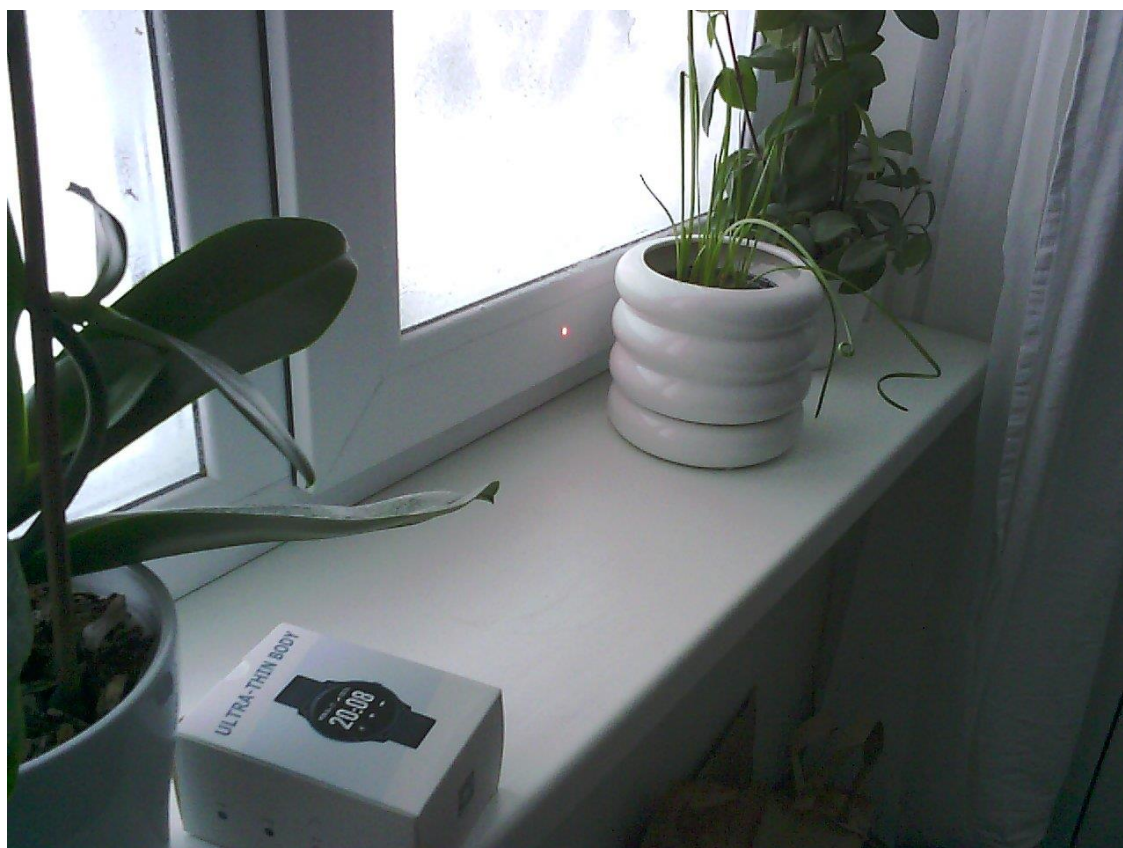
AKADEEMIA TEE (4;
6; 14; 22)

AKADEEMIA TEE (4; 6; 14; 22)				Kohapealne				Tõstetud katus				Keldri põranda soojustus	
				Tehaseline				Korteripõhine vent					
Kood	Nimetus	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind	Ühik	Kogus	Ühikhind	Hind				
8	EHITUSPLATSI KORRALDUSKULUD		49 400,00				66 273,00						
9	EHITUSPLATSI ÜLDKULUD		51 550,00	Korteripõhine vent	Korteripõhine vent+keldri põrand		52 850,00	Korteripõhine vent	Korteripõhine vent+keldri põrand				
	SUMMA		2 488 115,70	140 650	130 29		2 636 569,35	173 400	180 880				
	KM 20%		497 623,14	28 130	626		527 313,87	34 680	36 176				
	SUMMA KOOS KÄIBEMAKSUGA		2 985 738,84	168 780	756 177		3 163 883,22	208 080	217 056				

Lisa 17. Termografeerimise foto korterist 9



Lisa 18. Termografeerimise foto korterist 21



Lisa 19. Termografeerimise foto korterist 69

