

Gert Kask

**SOOJUSENERGIA
TARBIMISTE JA
HOOLDUSKULUDE ANALÜÜS
PERIOODIL 2020-2022
KORTERELAMUTE NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2024



Gert Kask

SOOJUSENERGIA TARBIMISE JA HOOLDUSKULUDE ANALÜÜS PERIOODIL 2020-2022 KORTERELAMUTE NÄITEL

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Õpperühm: KK 2020

Juhendaja: Pille Hamburg

Tallinn 2024

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Gert Kask, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teoste on viidatud õiguspäraselt.

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

Juhendaja: Pille Hamburg

/allkirjastatud digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Gert Kask

sünnikuupäev: 15.11.1999

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

Soojusenergia tarbimise ja hoolduskulude analüüs perioodil 2020-2022 korterelamute näitel.

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/



Ehitusinstituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Gert Kask**
Õpperühm: KK2020
Eriala: Kinnisvara Korrashoid
Lõputöö teema: Soojusenergia tarbimise ja hoolduskulude analüüs perioodil 2020-2022 korterelamute näitel

Lähteandmed töö koostamiseks:

Soojusenergia ja vee tarbimise andmed, majandusaasta aruanded, varasemad uuringud, ministrimäärus.

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Töö sisuks on Tallinnas asuvate 9 korterelamu soojusenergia ja hoolduskulude analüüs, võrdlus omavahel ning teiste uuringutega, objekti põhised parendusettepanekud saadud tulemuste põhjal.

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Lõputöö mahuks on 42 lehekülge. Lisasid on üks, üks tabel.

Lõputöö konsultandid:

Konsultandi nimi	Valdkond	Allkiri	Kuupäev
Lõputöö juhendaja:	Pille Hamburg (nimi)	 (allkiri)	11.09.2023 (kuupäev)
Lõpetaja:	Gert Kask (nimi)	 (allkiri)	11.09.2023 (kuupäev)
Kinnitaja:	Anti Hamburg ehitusinstituudi direktor	 (allkiri)	11.09.2023 (kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 11.09.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 18.12.2023

SISUKORD

SISUKORD	5
SISSEJUHATUS	7
1 LÄHTEANDMED JA ANALÜÜSITAVAD OBJEKTID	9
1.1 Olemasoleva olukorra kirjeldus	9
1.2 Vaadeldavad objektid	10
1.2.1 Objekt S14	10
1.2.2 Objekt S10	10
1.2.3 Objekt V3.....	11
1.2.4 Objekt K13.....	12
1.2.5 Objekt S13	12
1.2.6 Objekt A9.....	13
1.2.7 Objekt RP2.....	13
1.2.8 Objekt Õ10.....	14
1.2.9 Objekt R11	14
1.3 Objektide lähteinfo soojusenergia- ja hoolduskulude ja maksumuse kohta	15
1.3.1 Soojusenergiakulude andmete kogumise metoodika	15
1.3.2 Küttesüsteemide hoolduskulude olemus ja kogumise metoodika	18
2 KÜTTEKULUDE ARVUTUSED	20
2.1 Objektide sooja vee soojendamiseks kulunud kütteenergia arvutamine	20
2.2 Kütteenergiakulu taandamine baasaastale	22
3 ANDMETE ANALÜÜS	24
3.1.1 Objektide omavaheline võrdlus ja omapärasuste mõju	24
3.1.2 Võrdlus varasemate uuringutega.....	26
3.1.3 Kütteenergia maksumus ja inimeste käitumine	28
4 HOOLDUSKULUDE ANALÜÜS	30
5 JÄRELDUSED JA PARENDUSETTEPANEKUD	32
5.1 Objektipõhised parendusettepanekud.....	32

5.1.1	Objekt S14	32
5.1.2	Objekt S10	33
5.1.3	Objektid V3 ja RP2.....	33
5.1.4	Objektid K13 ja S13.....	33
5.1.5	Objekt A9.....	34
5.1.6	Objekt Õ10.....	34
5.1.7	Objekt R11	34
KOKKUVÕTE.....		35
SUMMARY		37
VIIDATUD ALLIKAD.....		39
LISAD		41
LISA 1. Objektide sooja tarbevee küttekulu arvutus köetavapinna kohta.....		42

SISSEJUHATUS

Kinnisvara korrashoid on kinnisvara eluea jooksul elluviidavate tehniliste ja administratiivsete tegevuste kompleks selleks, et säilitada või taastada olukord, mille korral korrashoitav vara säilitab oma kasutatavuse ning vastab kavandatud otstarbe täitmiseks esitatud tingimustele. [1]

Kinnisvara korrashoid hõlmab meetmeid ja tegevusi, mille eesmärk on säilitada kinnisvara heas seisukorras, tagada selle turvalisus ning pikendada hoone, rajatise või muu kinnisvaraosa vara eluiga. See hõlmab nii regulaarset hooldust kui ka vajadusel remonti ja uuendusi. Üks kinnisvara säilitamise meetod on optimeerida hoone energiaefektiivsust. Selle jaoks on erinevaid meetmeid nagu näiteks soojusisolatsiooni parandamine, avade tihendamine või energiasäästlike seadmete kasutuselevõtt, kuid selleks, et saada aimu hoonete energiaefektiivsusest, tuleb nende tarbimisandmeid analüüsida.

Käesolevas lõputöös analüüsitakse Tallinnas asuvate korterelamute soojusenergiatarbimis- ja hoolduskulusid perioodil 2020-2022. Töö eesmärk on kogutud andmete põhjal anda ülevaade käsitlevate objektide energiatarbimisest ning analüüsida neid, tehes võrdlusi nii objektide enda vahel kui ka varasemalt koostatud uuringutega. Tuua välja kitsaskohti ning järelduste abil anda soovitusi ning pakkuda lahendusi korterelamute kasutajatele ning juhatustele, mis aitaksid kaasa nende hoonete parema energiatõhususe saavutamiseks.

Antud töö esimeses osas annab autor ülevaate objektidest ning nendega kaasnevatest küttesüsteemide hooldus- ja tarbimiskuludest lähtudes aja perioodist 2020-2022. Ühtlasti selgitab autor metoodikat, mille abil on kogutud objektide andmed.

Töö teises osas keskendub autor kogutud andmete analüüsimisega, mille käigus selgitatakse välja peamised tegurid, mis mõjutavad nende objektide kütteenergia ja hoolduse kulusid. Tuginedes varasemalt sarnaste hoonete seas koostatud uuringutele võrreldakse saadud tulemusi ning sarnaseid tarbimismustreid. Lisaks analüüsitakse küttekulude maksumust ja kasutajate tarbimisharjumusi vastavalt sellele. Samuti tuuakse välja hoolduskulude jagunemine vastavalt objekti eripärale.

Lõputöö kolmandas osas arutletakse peamiste mõjutegurite üle, mis just nende objektide puhul tekitavad kõrget küttenegiatarbimist. Lisaks keskendutakse saadud andmete põhjal järelduste loomisele ning arvesse võttes esitatakse parandavaid ettepanekuid seoses hoonete energiatarbimise ja hoolduskulude jätkusuutlikkuse näol, et selgitada parimad lahendused eelkõige tarbijatele.

1 LÄHTEANDMED JA ANALÜÜSITAVAD OBJEKTID

1.1 Olemasoleva olukorra kirjeldus

Kõik 9 analüüsitavat objekti asuvad Tallinnas. Tegemist on korterelamutega, mis on ehitatud vahemikus 1950-2017. Objektide seas on nii 8 korteriga kui ka 160 elupinnaga hooneid. Majad jagunevad küttesüsteemide puhul kaheks- gaasikütte ja kaugkütte. Uurimuses käsitletud majade elanike huvides kasutatakse objektide puhul muudetud nimesid. Allolevas tabelis (Tabel 1) on koondatud kokku kõikide objektide üldandmed.

Tabel 1. Objektide üldandmed

Objekt	Kõetavpind m ²	Korterite arv	Korrused	Esmane kasutuselevõtu aasta	Välisseina liik	Küttesüsteem
S14	1744	26	4	2013	mitmekihiline raudbetoonpaneel	Kaugküte
S10	558	16	2	1960	väike- või suurplokk	Kaugküte
V3	595	8	3	2016	väike- või suurplokk	Gaasikatel
K13	2689	60	5	1973	mitmekihiline raudbetoonpaneel	Kaugküte
S13	3401	60	5	1987	tellis	Kaugküte
A9	1416	30	3	1950	väike- või suurplokk	Kaugküte
RP2	3465	60	4	2017	väike- või suurplokk	Kaugküte
Õ10	4054	65	16	1979	mitmekihiline raudbetoonpaneel	Kaugküte
R11	3516	162	5	1987	väike- või suurplokk	Gaasikatel

1.2 Vaadeldavad objektid

1.2.1 Objekt S14

Tegemist on 4-korruselise korterelamuga, mis valmis aastal 2013 ning peamiseks konstruktsiooniks on mitmekihiline raudbetoon. Majas on kogu selle kasutusea vältel olnud küttesüsteemiks kaugküte. Maja köetavapinna suurus on 1744 m², mis jaguneb kahe hoonevahel võrdselt pooleks ning kokku on 26 korterit. Hoonete ehitamisel prooviti võimalikult palju majanduslikult kokku hoida ning praeguseks on välisseinad tõestanud ennast, kui mitte väga energiatõhusad.



Pilt 1. Objekt S14 [2]

1.2.2 Objekt S10

Objekt 2 puhul on tegemist korterelamuga, mis valmis aastal 1960. Majal on 2 korrust ning peamiseks konstruktsiooniks on väike- või suurplokk. Hoone köetavapinna suurus on 558 m² ja kokku on 16 korterit. Elamu oli varasemalt puu kütte peal, kuid 2012 aastal liitus kaugküttega. Fassaadirenovatsioon leidis aset 2020 aastal.



Pilt 2. Objekt S10

1.2.3 Objekt V3

Tegu on hoonega, mis on valminud aastal 2016. Majal on 3 korrust ning kokku 8 korterit. Põhiliseks konstruktsiooniks on väike- või suurplokk ning köetavapinna suurus on 595 m². Hoone küttesüsteemi liigiks on gaasiküte.



Pilt 3. Objekt V3

1.2.4 Objekt K13

Tegemist on 1973. aastal valminud paneelmajaga, mille peamiseks konstruktsiooniks on mitmekihiline raudbetoon. Maja on 5-korruseline ning 2689 ruutmeetrise köetavapinna peale on kokku 60 korterit. Hoone küttesüsteemiks on kaugküte. Elamu renoveeriti vahemikus 2020-2021.



Pilt 4. Objekt K13

1.2.5 Objekt S13

Tegu on aastal 1987 aastal ehitatud 5-korruselise hoonega, mille peamiseks seinakonstruktsiooniks on tellis. Hoone kogu köetavapinna suurus on 3401 m² ning eluruumide on 60. Maja köetakse kaugküttesüsteemi abil. Elamu on renoveeritud 2015.



Pilt 5. Objekt S13

1.2.6 Objekt A9

Antud hoone puhul on tegemist 1950. aastal ehitatud 3-korruselise korterelamuga. Maja peamiseks konstruktsiooniks on väike- või suurplokk. Kogu köetavapinna suurus on 1416 ruutmeetrit ning korterite arv majas on 30. Hoonet kütab kaugküttesüsteem. Hoone katus ning selle soojustus vajab korda tegemist ja samuti on aknad 2-kordsete klaasidega.



Pilt 6. Objekt A9

1.2.7 Objekt RP2

Tegemist on 2017 aastal valminud korterelamuga, mis koosneb kolmest samasugusest majast. Hoonete peamiseks konstruktsiooniks on väike- või suurplokk. Majadel on 4 korrust ning kogu köetavpind kolme hoone peale on kokku 3465 m². Hooneid köetakse ühise kaugküttesüsteemi kaudu.



Pilt 7. Objekt RP2 [2]

1.2.8 Objekt Õ10

Antud hoone puhul on tegemist 16-korruselise tornmajaga, mis valmis aastal 1979. Maja köetavapinna suurus on 4054 m² ning kokku on 65 korterit. Peamiseks seinakonstruktsiooniks on mitmekihiline raudbetoon. Maja köetakse kaugküttesüsteemiga. Maja viimane renoveerimine toimus eelmisel sajandil.



Pilt 8. Objekt Õ10

1.2.9 Objekt R11

Selle hoone on 1987. aastal valminud korterelamu, mis algselt oli mõeldud hotelliks. Peamiseks konstruktsiooniks on väike- või suurplokk. Majal on 5 korrust ning kokku on 162 eluruumi. Maja soojusallikaks on gaasikatel, mis kütab 3516 ruutmeetri suurust pinda.



Pilt 9. Objekt R11 [2]

1.3 Objektide lähteinfo soojusenergia- ja hoolduskulude ja maksumuse kohta

Antud peatükis on väljatoodud objektide põhilised soojusenergiakulude koondtabel (Tabel 2) ja hoolduskulude koondtabel (Tabel 3). Kuna töö autor tegeleb töös käsitletud majade haldusega igapäevaselt, siis oli vajalikele andmetele ligipääs olemas, kuid nende koondamine seisnes paljude raamatupidamisdokumentide ning arhiivide läbi otsimist.

1.3.1 Soojusenergiakulude andmete kogumise metoodika

Soojusenergia tarbimisandmed oli võimalik välja arvutada vastavalt energiamüüja arvete põhisel. Nimelt iga tabelis (Tabel 2) väljatoodud aasta kohta tuli välja otsida nii aasta viimane kui ka esimene soojusenergia arve. Sealt pealt saab omakorda võtta aasta alguse ja aasta lõpu arvesti näidu ning lahutada aasta lõpu näidust aasta alguse näidu. Protsessi muutis keerulisemaks olukorrad, kus oli toimunud soojusarvesti vahetused ehk tuli teostada lisa arvutusi. Näiteks kui arvesti vahetati oktoobris, siis tuli leida vahetusakt ning sealt pealt võtta vana arvesti viimane näit, sellele omakorda liita juurde uue arvesti aastalõpu näit ning taaskord lahutada aasta alguse näit. Ühtlasi olid gaasiküttega hoonetele olemas ainult gaasinäit kuupmeetrites. Megavatt tundideks ümberarvutamiseks tuleb korrutada maagaasi kuupmeetrite summa 9,3-ga ning seejärel jagada

1000-ga [4]. Antud protsessile aitas väga palju kaasa korrapärane ning süstematiseeritud raamatupidamine, kus olid kõik vajalikud dokumendid säilitatud.

Objektide soojusenergia maksumused tuli samuti leida arhiveeritud raamatupidamisest. Täpsemalt majandusaasta aruannetest. Nende andmete leidmine polnud niivõrd keeruline, sest vajalik oli vastavalt aastale võtta aasta aruandest kogu aastane soojusenergia maksumus. Samuti tegi selle veel omakorda lihtsamaks korrapärane dokumentide säilitamine.

Veekulu leidmine seisnes objektide näidutabelite uurimises, kus tuli samuti leida nii aasta lõpu kui ka aasta alguse peaveearvesti näit. Jällegi kasutada lihtsat tehet, milleks on vaja lahutada aastalõpu näidust aasta alguse näit ning tulemus on kogu aasta veekulu. Samuti ka selle protsessi juures tuli sisse tõrkeid, kui aasta keskel on välja vahetatud veearvesti, siis samuti otsida üles vahetusakt ning vastavalt nendele andmetele teha lisaarvutused. Taaskord tegi selle andmete kogumise lihtsamaks varasemalt korrektselt säilitatud aastapõhised näidutabelid, kust oli võimalik kõik vajaliku info leida.

Tabel 2. Objektide soojusenergia- ja veekulu ja maksumus perioodil 2020-2022.

Objekt	Soojusenergia kulu 2020 aastal MWh	Soojusenergia maksumus 2020 aastal €	Vee kulu 2020 aastal m ³	Soojusenergia kulu 2021 aastal MWh	Soojusenergia maksumus 2021 aastal €	Vee kulu 2021 aastal m ³	Soojusenergia kulu 2022 aastal MWh	Soojusenergia maksumus 2022 aastal €	Vee kulu 2022 aastal m ³
S14	238,7	13 304	1 895	277,9	25 186	1 819	267,8	38 313	1 773
S10	116,8	6 803	862	127,7	8 030	698	108,0	10 349	610
V3	48,4	2 266	633	52,9	2 117	649	50,8	1 912	578
K13	402,0	22 448	3 297	391,4	24 772	3 476	388,1	34 976	3 203
S13	457,2	26 612	4 106	521,6	33 185	4 166	490,9	33 185	3 725
A9	216,8	8 831	1 686	224,7	14 255	1 749	194,5	21 546	1 460
RP2	330,6	19 025	4 158	369,3	23 494	4 146	359,9	35 521	4 241
Õ10	814,4	47 414	6 132	811,4	51 895	5 971	760,8	74 345	5 802
R11	562,4	28 117	6 801	627,9	38 989	6 268	630,8	87 295	6 848

1.3.2 Küttesüsteemide hoolduskulude olemus ja kogumise metoodika

Küttesüsteemide hoolduskulud pärinevad käsitletud objektide hoolduslepingitest. Aastase küttesüsteemi hoolduskulude näol on tegemist fikseeritud kuupõhise summaga, mida ühistu maksab põhiliselt küttesüsteemi ja muude tehnosüsteemide hoolduse eest. Küttesüsteemi hooldus sisaldab endas järgnevaid tegevusi: järjepidev süsteemi korrashoid, vastavalt vajadusele süsteemi reguleerimine, jooksvate rikete lahendamine ja koostöö vajadusel süsteemi paigaldajaga (näiteks Utilitas AS). Samuti lisandub fikseeritud maksumusele ka lisakulusid, mis kujutavad endast erinevaid nii planeeritud kulusid (näiteks surveproovid, arvesti vahetused) kui ka ootamatuid süsteemi osade vahetusi. Allolevas tabelis (Tabel 3) on välja toodud kõikide objektide hoolduskulud ning kogutud ka lisakulude andmeid, mis on prognoositud aastase perioodi kohta.

Nagu eelpool ka mainitud, siis antud andmed pärinevad analüüsitavate objektide lepingutest ning lisakulud on tuletatud varasemalt tehtud tööde põhjal. Kuna kõik süsteemid on kohati erinevad, kas siis vanuse, asukoha, ülesehituse või põhimõtte poolest, siis tuleb neil kõigil ette ka erinevaid lisakulusid, mis on samuti tabelis välja toodud. Samuti mõjutab hoolduskulusid majas olevate korterite arv, sest see tähendab ka rohkem küttekehasid ning sellega omakorda kaasnevad tihedamini probleemid.

Tabel 3. Objektide hoolduskulud

Objekt	Kõetav pind	Küttesüsteem	Küttesüsteemi aastane hooldusmaksumus €	Iga aastased lisakulud €	Küttesüsteemi aastane hooldusmaksumus €/m2	Iga aastased lisakulud €/m2
S14	1744	Kaugküte	360	100	0,21	0,06
S10	558	Kaugküte	360	100	0,65	0,18
V3	595	Gaas	360	110	0,61	0,18
K13	2689	Kaugküte	360	140	0,13	0,05
S13	3401	Kaugküte	388	150	0,11	0,04
A9	1416	Kaugküte	408	100	0,29	0,07
RP2	3465	Kaugküte	576	150	0,17	0,04
Õ10	4054	Kaugküte	864	210	0,21	0,05
R11	3516	Gaas	2400	230	0,68	0,07

2 KÜTTEKULUDE ARVUTUSED

Selleks, et üldse kogutud andmeid analüüsida vastavalt soovitud aspektidele, tuleb teha eelnevalt vastavaid arvutusi. Käesolevas töö etapis arvutatakse esmalt välja järgmised andmed:

- sooja tarbevee soojendamiseks kulunud kütteenergia;
- ainult küttele kulunud soojusenergia;
- taandatakse küttele kulunud soojusenergia baasaastale perioodil 2020-2022;
- küttekulu vastavalt hoone köetavapinna ühe ruutmeetri kohta.

Edasises analüüsis võrreldakse saadud andmeid esialgu omavahel, kuid võetakse arvesse ka teisi tegureid, mille kaudu saab teha juba järeldusi ning viimaks ka ettepanekuid. Aspektid, mida analüüsiks kasutatakse on järgmised:

- sarnaste objektide omavaheline võrdlus;
- hoonete omapärasuste mõju (soojusisolatsioon, soojustagastuega ventilatsioon, renoveerimine);
- võrdlus varasemate uuringutega sarnaste objektide seas
- maksumus ja elanike käitumine vastavalt sellele.

2.1 Objektide sooja vee soojendamiseks kulunud kütteenergia arvutamine

Antud andmete leidmine on vajalik selleks, et saaks kätte täpse soojusenergia koguse, mis kulus ainult kütmise peale. Selleks, et leida soojusenergia, mis kulu vee soojendamisele, tuleb esialgu hinnata kogu vee koguses sooja vee kogus. Varasemate uuringute kohaselt on hinnanguliselt on see 40 % [5]. Edasi tuleb kasutada järgmist valemit [6].

$$Q_{soe\ vesi} = M * c_v * \Delta t / 3600$$

kus	M	- tarbitud sooja vee maht, m ³ ;
	c _v	- vee erisoojus, 4,2 J/kg*K
	3 600	- aeg, s
	Δt	- tüüpiline temperatuuride vahe vee soojendamisel, 50 °C.

Selleks, et näidata arvudega, kuidas see valem töötab, võetakse näitena ette objekt S14 ning aasta 2020 tarbimised. Sel aastal oli objekti S14 kogu soojusenergia tarbimine kokku 238,7 MWh ning kogu vee kulu 1 895 m³. Kogu vee kulust arvutatakse 40 % ning see on 758 m³. Selle arvu saab panna valemisse ning korrutada vee erisoojuse ja aja jagatisega ning veelkord korrutada vee temperatuuri tõusuga, milleks on 50 kraadi. Tulemuseks on soojusenergia kulu vee soojendamisele, milleks on 44,3 MWh aasta kohta. See tulemus tuleb omakorda lahutada kogu aastast soojusenergia kulust ning lõpptulemuseks on soojusenergia hulk kütteks ehk 194,3 MWh.

Järgnevas tabelis (Tabel 4) on koondatud kokku kõikide objektide tulemused iga analüüsitava aasta lõikes.

Tabel 4. Soojusenergia kulu küttele ja soojale tarbeveele aastate 2020-2022 lõikes

	2020		2021		2022	
	Kulu küttele, MWh	Kulu soojale tarbeveele, MWh	Kulu küttele, MWh	Kulu soojale tarbeveele, MWh	Kulu küttele, MWh	Kulu soojale tarbeveele, MWh
S14	194,3	44,3	235,3	42,6	226,3	41,5
S10	96,7	20,2	111,4	16,3	93,7	14,3
V3	33,6	14,8	37,7	15,2	37,3	13,5
K13	324,9	77,1	310,1	81,3	313,2	75,0
S13	361,1	96,1	424,2	97,5	403,8	87,2
A9	177,4	39,5	183,8	40,9	160,3	34,2
RP2	233,3	97,3	272,3	97,0	260,7	99,2

Õ10	670,9	143,5	671,7	139,7	625,0	135,8
R11	403,2	159,1	481,3	146,7	470,6	160,2

2.2 Küttenegiakulu taandamine baasaastale

Baasaastale taandamiseks kasutas autor majandus- ja taristuministri määrust „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ [7]. Baasaastale taandamine on meetod, mida kasutatakse hoone küttekulude või muude energiatarbimisega seotud näitajate analüüsimisel. Seda meetodit kasutatakse eesmärgiga võrrelda küttekulusid erinevatel aastatel ja hinnata, kuidas need on muutunud võrreldes kindla referentsaastaga, mida nimetatakse baasaastaks.

Eelnevast tabelis (Tabel 4) saadud andmete põhjal saab arvutada välja küttenegiakulu baasaasta kohta. Selleks on vaja iga hoone puhul ainult küttele kulunud soojusenergiat. Selle arvutamiseks on vajalik võtta Kredex'i energiatõhususe andmete seast esmalt tegeliku aasta, antud analüüsi puhul 2020-2022 aasta, kraadpäeva andmed 17° C juures III piirkonnas [8]. Seejärel võtta omakord võtta baasaasta kaardpäevad 17° C juures III piirkonnas. III piirkond viitab antud juhul Tallinnas asuvatele hoonetele. Arvutus näeb edasi välja selline, et iga aasta puhul küttele kulunud soojusenergia korrutatakse läbi baasaasta kraadpäevade tulemiga, mis on 4 220 ning jagatakse see omakorda selle aasta (2020 aasta puhul on see näiteks 3 314) kraadpäevade tulemiga 17 kraadi juures. Viimaks, et leida 2020-2022 kaalutud keskmist, tuleb liita aastate tulemused kokku ja jagada kolmega. Järgnevas tabelis (Tabel 5) on välja toodud kõikide objektide küttenegiakulu taandatult baasaastale analüüsitavate aastate lõikes ning samuti arvutatud välja ka kulu köetavapinna ruutmeetrite kohta.

Tabel 5. Kütteenergiakulu taandatud baasaastale aastate 2020-2022 lõikes

		2020		2021		2022		2020-2022 keskmine kaalutud	
	Köetavapinna suurus, m ²	Baasaasta kulu küttele, MWh	Baasaasta kulu küttele, kWh/m ² *a	Baasaasta kulu küttele, MWh	Baasaasta kulu küttele, kWh/m ² *a	Baasaasta kulu küttele, MWh	Baasaasta kulu küttele, kWh/m ² *a	Baasaasta kulu küttele, MWh	Baasaasta kulu küttele, kWh/m ² *a
S14	1744	247,4	141,9	251,2	144,1	251,8	144,4	250,1	143,4
S10	558	123,1	220,6	118,9	213,1	104,3	186,9	115,4	206,8
V3	595	42,8	72,0	40,2	67,6	41,5	69,7	41,5	69,8
K13	2689	413,6	153,8	331,0	123,1	348,4	129,6	364,4	135,5
S13	3401	459,8	135,2	452,8	133,1	449,3	132,1	454,0	133,5
A9	1416	225,9	159,5	196,2	138,6	178,3	125,9	200,1	141,3
RP2	3465	297,0	85,7	290,7	83,9	290,0	83,7	292,6	84,4
Õ10	4054	854,2	210,7	717,0	176,9	695,3	171,5	755,5	186,4
R11	3516	513,4	146,0	513,8	146,1	523,6	148,9	516,9	147,0

3 ANDMETE ANALÜÜS

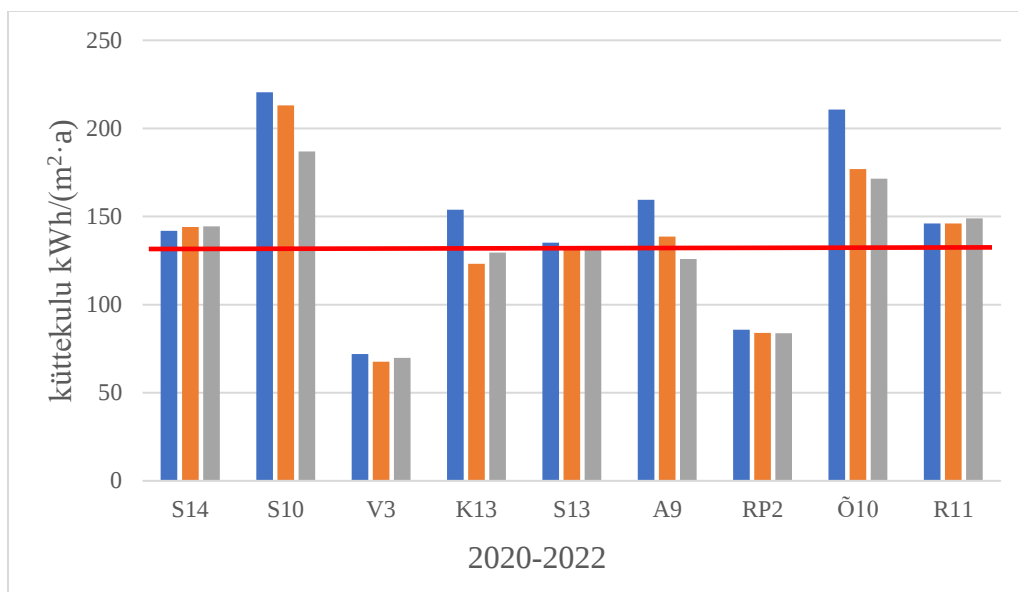
Eestis on kokku umbes 27 000 kortermaja, millest umbes 80% on ehitatud aastatel 1945 kuni 1990, kasutades üht ja sama masstoodangu tehnoloogiat. Enamik neist hoonetest seisab silmitsi sarnaste probleemidega, sealhulgas kõrge energiatarbimine, puudulik ventilatsioon ja ebastabiilne soojusmugavus. Eelnevad uuringud on näidanud, et kortermajade keskmine kütteenergia tarbimine jääb vahemikku 136 kuni 150 kWh/(m²·a), samas kui soojavee kütte puhul on see vahemikus 27–39 kWh/(m²·a). [9]

Antud töös on analüüsitava objektide tulemused suhteliselt sarnased, kui välja arvata kaks kõige uuemat hoonet, mis on võrdlemisi energiatõhusad. Nende keskmine kütteenergia tarbimine jääb vahemikku 69,8 kuni 84,4 kWh/(m²·a). Kui nüüd võtta arvesse objekti S14, mis on küll valminud aastal 2013, kuid küttekulu on suur ja teisi objekte, mis on valminud vahemikus 1950-1990, siis nende kütteenergia tarbimise keskmine kokku on 156,3 kWh/(m²·a). Vee soojendamise keskmine kütteenergia kulu on nende 7 maja puhul 31,0 kWh/(m²·a) ja 2 uuema maja puhul 25,7 kWh/(m²·a) (Lisa 1).

Nende tulemuste põhjal saab järeldada, et hooned, mis on ehitatud eelmisel sajandi teises pooles, on võrreldavad varasemalt tehtud uuringutega, sest kütteenergia tarbimise andmed on väga sarnased.

3.1.1 Objektide omavaheline võrdlus ja omapärasuste mõju

Baasaastale taandatud andmetega tabelis (Tabel 5) joonistuvad välja nii sarnased mustrid kui ka erinevused. Antud andmete põhjal saab selgesti aru, mis majad tarbivad rohkem soojusenergiat ja mis vähem, olenemata oma köetavapinna suurusest. Just baasaasta kulu küttele ruutmeetri kohta annab kõige parema ülevaate hoonete erinevusest. Parema visuaalse ülevaate andmiseks koostas autor graafiku (Joonis 1), et näidata kolme aasta põhjal tekkinud mustreid ning tarbimiste muutumist.



Joonis 1. Baasaasta küttekulu kWh/m²·a perioodil 2020-2022

Esmalt on graafikult on selgelt näha 5 objekti puhul selget trendijoont, mis jääb 140 kWh/(m²·a) suuruse küttekulu juurde. Nendest kolmel, S14, S13 ja R11, on näha analüüsitava aastate lõikes väga stabiilset tarbimist. Seda stabiilsust põhjendada sellega, et nendes hoonetes pole selle perioodi jooksul teostatud energiatõhususe tõstmiseks ühtegi renoveerimistööd ning hoonete tingimused on püsinud samad. Järele jäänud 4 objekti jagunevad vastavalt siis 1/3 võrra väiksemaks ja 1/3 võrra suuremaks kui 140 kWh/(m²·a).

Objektide RP2 ja V3 puhul on tegemist kõige uuemate hoonetega, millel on kaasaegne soojusisolatsioon ning on tänapäevaste standardite järgi konstrueeritud elamu. Samuti on mõlemal hoonel olemas ka soojustagastusega ventilatsioonisüsteem. Selgelt on kõige suurema küttekuluga objektid S10 ja Õ10. Mõlema puhul on tegemist eelmisel sajandil valminud majadega ning erinevaid tegureid on mitmeid, mis mõjutavad nende hoonete puhul suurt energiatarbimist. Õ10 puhul on tegemist tornmajaga, mille positiivne külg seisneb sellest, et ehitusalune pind on väike ning hoone köetavpind on kompaktne, kuid antud hoonel on lodžad, mis tekitavad juurde igale maja küljele sopilisust. Sopilisus põhjustab rohkemate külmasildade olemasolu ning see omakorda põhjustab soojuskadu.

Graafikus saab veel välja tuua ühe kõige enam silma paistva objektide S10 ja V3 baasaasta kulu küttele ruutmeetri summade erinevuse. Majad on köetavapinna poolest samas suurusjärgus, kuid

S10 tarbib tunduvalt rohkem kütteenergiat kui V3. Põhjuseid on kindlasti mitu, kuid peamiselt on tegemist uue ja vana maja erinevusega. V3 elamu on valminud 2016 aastal ning selle elamu korterites on ka soojusvahetiga ventilatsiooniseadmed. S10 on aga 1960 aastal valminud elamu, seega on arusaadav, et hoone energiatarbimine on kordades suurem vaatamata sellele, et hoonet on ka renoveeritud.

Analüüsitavaate aastate lõikes on siiski näha ka muudatusi, mis on nähtavad baasaastale taandatud kütteenergiakulu tabelis (Tabel 5). Näiteks on üheksa objekti seas kaks, millel on sellel perioodil teostatud fassaadirenoveerimine. K13 objekti renoveerimine leidis aset oktoober 2020 kuni mai 2021. Baasaastale taandatud kütteenergiakulu tulemused on peale renoveerimist paranenud. 2020 aasta kütteenergiakulu oli 153,8 kWh/m², 2021 oli see juba 123,1 kWh/m² ning 2022 aastal 129,6 kWh/m². S10 fassaadirenoveerimine leidis aset aastal 2020 ning võrreldes sellega on 2022ks aastaks kütteenergiakulu vähenenud 33,7 kWh/m² võrra. See tähendab 15 % võrra suurst paranemist.

Objekti S14 juures on küsitav see, miks võrdlemisi uuel majal on niivõrd kõrge energiatarbimine. Uurides hoone ehituse tausta ning praegust seisukorda, siis selgub, et elamu ehitusel on kasutatud võimalikult odavaid lahendusi. Teada on see, et hoone soojustus on liiga õhuke ning majal on 2-kordsete klaaspaketiga aknad, mis samuti ei ole Eesti kliimas väga efektiivsed küttekulu säästmisel. Ühtlasi on mõlemal ühistu hoonel maja alused lahtised garaažid, mis muudavad maju rohkem sopiliseks ning see omakorda mõjutab maja energiatõhusust [10]. Sellest kõigest tulenevalt ei ole hoone väga energiasäästlik, sest arvatud andmete järgi on baasaasta kulu küttele keskmine kolme aasta jooksul 143,4 kWh/(m²·a).

3.1.2 Võrdlus varasemate uuringutega

2019 aastal koostatud uuringu käigus, mis põhines 1986. aastal ehitatud kortelemul, oli eesmärk tõestada, et on võimalik muuta 168 kWh/(m²·a) tarbiv hoone 23 kWh/(m²·a) tarbivaks hooneks. Selleks võeti elamu puhul ette täielik renoveerimine, mille käigus paigaldati väliseintele ja katusele lisa soojusisolatsioon soojuslähivuse väärtusega $U_{\text{välissein}} = 0.11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{\text{katus}} = 0.10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ning samuti soojustatu sarnaselt ära ka keldripõrandad ning seinad. Ühtlasi vahetati aknad välja 3-kordsete klaasidega akende vastu ning kõik korterid said soojustagastusega ventilatsiooni. Lisaks uuendati soojavee torustiku ja toodi juurde taastuvenergia lahendused. Nagu varem mainitud, siis

projekteerides arvatati välja hoone küttekulu peale renoveerimist $23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, kuid mõõdetud tulemuseks osutus $41 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Uurimus näitas, et projekteeritud tulemuse saamiseks peaks muutuma ka hoone tarbijate käitumine temperatuuri nõudluse osas ja tuleks ära lahendada olemasolevate küttetorude soojuskadu. [11]

Lähtudes antud uuringust on siin töös enamus analüüsitavad objektid samas seisus. Just võttes arvesse, et need on ehitatud samal ajastul ning on võrdlemisi sarnased. Näiteks objektid S13 ja K13 on mõlemad renoveeritud ning nende keskmine baasaasta kulu küttele jääb vahemiku $133,5\text{--}135,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. See tähendab, et nende juba renoveeritud hoonete puhul oleks tegelikult võimalik, eelmainitud uurimuse näitel, vähendada kütteenergia kulu ligi 82 % võrra, kuid võttes arvesse samuti kasutajate tarbimisharjumusi, siis nii palju ilmselt kulu ei langeks. Ometigi saab nende kahe objekti puhul öelda, et potentsiaalselt on võimalik süvarenoveerimise teel langetada nende kütteenergia kulu $90\text{--}100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ võrra.

Lisaks võrreldes selle uurimuse tulemusi siin töös käsitlevate uusarendustega, mille keskmine küttekulu on objekti RP2 puhul $84,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ja V3 on see $69,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Siit on näha, et vana hoone renoveerimisega on võimalik saada energiatõhusam küttekulu võrreldes uusarendustega. RP2 objekti puhul on selle küttekulu uurimuses renoveeritud hoone omast 2 korda suurem, mis tähendab, et RP2 puhul oleks võimalik küttekulu vähendada isegi veel madalamaks kui $41 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Kuid muidugi ei ole see nende hoonete puhul kriitiliselt vajalik tegevus, sest niivõrd uute hoonete renoveerimine pole lihtsalt veel mõistlik.

Ühtlasi tõestavad selle uuringu tulemused ja andmed seda, et objekti S14 kütteenergia on tõesti kõrge. Alustades sellest, et uurimuses käsitletud hoone ja S14 ehitusaastate vahe on 27 aastat, kuid S14 praegune keskmine kütteenergia kulu on uuritud hoone algsest energiakulust kõigest $24,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ võrra väiksem ehk tegelikult on need suhteliselt sarnases suurusjärgus. Seega oleks objektil S14 samuti võimalik vastava renoveerimise abil vähendada energiakulu pea 75 % võrra.

Eriti suure erinevusega saab veel välja tuua objekti S10 andmed. Nimelt nagu varasemalt mainitud, siis S10 on küll läbinud renoveerimise, kuid küttekulu on võrreldes teiste objektidega suur. Võrreldes ühe sarnase uuringuga, kus projekteeriti ilma soojustagastusega ventilatsioonita hoonet ning potentsiaalseks kütteenergia kuluks saadi ligi $90 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, kuid peale renoveerimist tuli mõõdetud tulemuseks ligi $140 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. See teeb ligi 36 % suuruse erinevuse. [9]

Sarnaselt S10-ga, kus enne renoveerimist oli küttekulu $220,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ning viimaste andmete järgi oli selleks $186,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Kahjuks ei ole teada, kas arvutati enne renoveerimist mingi potentsiaal välja, kuid selgelt ei ole see tulemus väga palju paranenud, sest küttekulu vähenes kõigest 16 % võrra. Seega ei saa lugeda S10 renoveerimist väga edukaks, sest sellel hoone puhul oleks võimalik samuti vähendada küttenenergia kulu ligi 5 korda.

Sarnane on ka olukord objektide A9, R11 ja Õ10-ga. Kõikide nende hoonete renoveerimisel tuleks arvesse võtta nende vanust ning teha vastavad auditid, et selgitada välja parimad lahendused nende energiatõhususe parandamiseks.

3.1.3 Kütteenenergia maksumus ja inimeste käitumine

Samuti on võimalik analüüsida soojusenergia maksumust, milles on toimunud analüüsitava ajaperioodi jooksul hüppeline tõus. Euroopa energiakriisi peamiseks põhjuseks saab lugeda Ukrainas toimuvat sõda [12]. Eespool välja toodud tabelis (Tabel 2) on näha, kuidas alates 2020 aastast on soojusenergia maksumus pea, et iga maja jaoks ainult tõusnud. Eeldades, et soojusenergia kallineb, siis võiks olla näha elanike kütteenenergia ja tarbevee tarbimises säästlikust.

Näiteks tuua objektid A9 ja Õ10, kus suurenes soojusenergia maksumus analüüsitava perioodil vastavalt A9 puhul 8 831 eurot pealt 21 546 euro peale ning Õ10 puhul oli hinna vahe kokku 26 931 eurot. Ühtlasi tegemist majadega, kus perioodil 2020-2022 ei teostatud mingisugust energiatõhususega seotud renoveerimistöid, kuid on näha, et küttekulu ruutmeetri kohta on iga aastaga vähenenud. A9 puhul on aastane kütteenenergia langenud selle perioodi jooksul 21 % võrra. Objekti Õ10 puhul on see natukene väiksem muutus ehk 19 %. Sellest kõigest võib eeldada, et inimeste piirasid vastavalt kõrgetele hindadele enda tarbimisharjumusi eriti just sisetemperatuuri reguleerimisega, mille abil oli ehk võimalik säästa. Ülejäänud objektide puhul on sellel perioodil jäänud soojusenergia tarbimine suhteliselt samaks või siis on tänu renoveerimisele langenud.

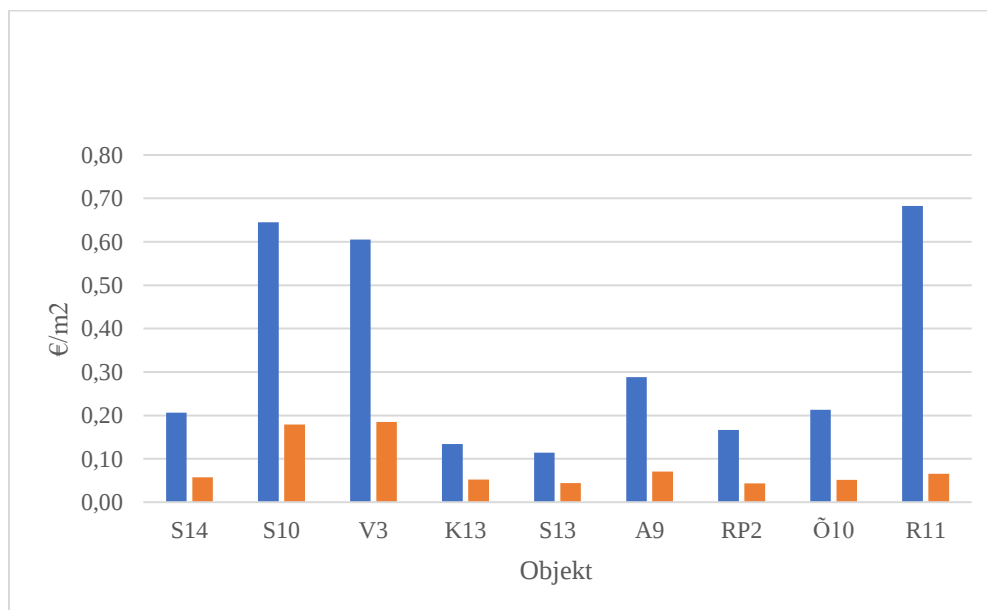
Ühe võrdlusena saab veel välja tuua gaasiküttesüsteemiga hoonete soojusenergia maksumuse erinevuse ning, kuidas on see mõjutanud nende tarbimist. R11 ja V3 on ainukesed objektid, mida kütab gaasiküttesüsteem. Energiakriisi saabudes oli just gaas see ressurss, mille hind tõusis märkimisväärselt. V3 objekti puhul läks hästi ning seal sõlmiti veel õigel hetkel fikseeritud

hinnaga leping, mille tõttu ei olnud vaja elanikel ka oma tarbimisharjumusi muuta ja soojusenergia maksumus jäi 3 aasta jooksul vahemiku 1912-2266 eurot. R11 objekti puhul läks aga halvemini ning uus gaasileping tuli sõlmida hetkel, kus gaasi hind oli juba kõrge. Seega tõusis soojusenergia maksumus analüüsitavas perioodis 59 178 eurot. Siiski, sellest hoolimata säilis hinnatõusu järel elanike tarbimine ning lihtsalt maksti rohkem ning andmetest ei väljendu kuidagi tarbimise vähenemine.

4 HOOLDUSKULUDE ANALÜÜS

Varasemalt välja toodud tabelis (Tabel 3) on objektide hoolduskulud ühe aasta lõikes. Need summad on nende kolme aasta jooksul olnud suhteliselt stabiilsed ning ühtlased, kuid on ka erandeid. Enamik kortermaju kasutab kaugkütet, mille aastased hoolduskulud jäävad vahemikku 360 kuni 864 eurot. Hoolduskulud ruutmeetri kohta (€/m²) on suhteliselt madalad, ulatudes 0,11-st kuni 0,65 euroni. K13 ja S13 näitavad madalamaid hoolduskulusid ja lisakulusid võrreldes teiste kaugküttega majadega. Gaasiküttesüsteemidel on jällegi kõrgemad aastased hoolduskulud (2400 eurot R11 puhul). Mõlemad gaasikatlaga hooned (V3 ja R11) näitavad kõrgeid hoolduskulusid ruutmeetri kohta (€/m²), mis on seotud spetsiifiliste hooldusvajadustega.

Hoolduskulu ruutmeetri kohta puhul tuleb selgelt välja, et väiksema hoone puhul on maksumus suurem ning suurema hoone puhul vastupidi. Seda visualiseerib ka all pool välja toodud graafik (Joonis 2), sest kaugkütte süsteemiga majade puhul ei sõltu enamjaolt aastane hoolduskulude hind hoone suurst ning jääb samasse suurusjärku. Soojussõlmed on suhteliselt samad ning hoolduskulude summa suureneb üldjuhul vastavalt hoones lisaks olevatele eripärasustele. Näiteks kui hoonel on päikesekollektorid või muud taastuvaenergia seadmed, siis need vajad taaskord omakorda hooldust.



Joonis 2. objektide hoolduskulude ja lisakulude aastane maksumus €/m²

Enim paistab graafikust silma objekti R11 hinnavahetega. Selles hoones on ajale jalgu jäänud gaasikateldel põhinev küttesüsteem, mis vajab võrreldes teiste objektidega kindlasti rohkem tähelepanu. Seega kogutakse rahalist tagavara ka selleks, et kui peaks ootamatult midagi katki minema, siis on võimalik see korda teha ning samuti osa kogutud summast on planeeritud juba uue seadmete jaoks. Ühtlasi on seal majas kõige rohkem kortereid ehk probleemide tekkimise tõenäosus on suurem. Kindlasti oleks antud ühistul vaja kaaluda uue küttesüsteemi paigaldamist või isegi minna üle kaugküttele. Lisaks paistab tabelis silma kõrgema hinna poolest ka Õ10. Tegemist on 16-korruselise tornmajaga, kus on küll kaugküttesüsteem, kuid samuti juba vanem. Mis muudab antud maja puhul hoolduskulu kõrgemaks on see, et sealne soojavarustus tuleb pumbata võrreldes teiste hoonetega kordades kõrgemale ning nõuab võimsamat tsirkulatsiooni, mis omakorda nõuab rohkem hooldamist.

5 JÄRELDUSED JA PARENDUSETTEPANEKUD

Energiatõhususe direktiivi uuendus nõuab pikaajalise renoveerimisstrateegia vastuvõtmist, et muuta riiklik kinnisvaraportfell aastaks 2050 kõrge energiatõhususega ja süsinikuvabaks. Selleks vajatakse keskmist aastast renoveerimismäära 3%, kuid praegune määr on vaid 1%. Vähem kui 3% Euroopa Liidu hoonetest omab kõrgeimat energiamärgist (A). Ligikaudu 90% hoonestikust tuleb uuendada, et muuta olemasolevad hooned peaaegu-nullenergia hooneteks. Enamik energiavähendustest peab tulema sügavrenoveerimise kaudu, kuna aastaks 2050 eksisteerib juba umbes 70% täna olemasolevast hoonestikust. [11]

Praeguse seisuga on 2 objekti 9-st väga heas seisus, kuid seda ka sellepärast, et tegemist on uusarendustega. Ülejäänud 7 objekti on kõik olukorras, kus on kindlasti ruumi energiatõhususe parandamiseks. Peamised põhjused on nii halb soojusisolatsiooni kvaliteet ehk välispiirete soojusjuhtivus on liiga suur, küttetorustiku soojuskaod, hoone sopilisus kui ka elanike tarbimisharjumused. Parema energiatõhususe saavutamiseks tuleks iga maja puhul koostada põhjalikud auditid ning tuginedes kogutud andmetele ja varasemalt tehtud uuringutele teha vajalikud renoveerimisprojektid. Lisaks on oluline kaasata elanikke energiatõhususele suunatud teavituskampaaniasse, mis julgustavad tarbimisharjumuste muutmist ja säästlikumat energia kasutamist. Kõiki neid meetmeid ühendades on võimalik mitte ainult vähendada küttekulusid, vaid ka saavutada jätkusuutlikum ja keskkonnasõbralikum korterelamute küttesüsteem.

Kõikide analüüsitavate objektide 3 aasta keskmine küttekulu oli kokku 138,7 kWh/(m²·a), kuid töös käsitletud uuringu käigus toodud elamu näitel on reaalses elus võimalik saada see arv ligi 40 kWh/(m²·a) peale. Seega on kõikide nende hoonete puhul võimalik vähendada küttekulu 2 kuni 5 korda, kuid nagu ka mainitud, siis just õigete meetmetega.

5.1 Objektipõhised parendusettepanekud

5.1.1 Objekt S14

Nagu eelpoolt mainitud, siis S14 hoone puhul on tegemist küll kõigest 10 aastat tagasi valminud hoonega, kuid kütteenergia kulu on võrdlemisi suur. Üheks peamiseks põhjuseks on liiga õhuke soojustus ehk välisseinte soojusjuhtivus on liiga suur ning 2-kordse klaaspaketiga aknad. Samuti

nagu eelpool mainitud, siis hoone oma garaažide tõttu sopiline, mis tekitab külmasildade teket. Seega oleks antud hoone puhul vajalik teha investeering fassaadi renoveerimiseks, soojustada ära garaaži laed ning mõelda ka akende vahetusele. Seda kõike tuleks hinnata põhjalikuma auditi käigus ning projekteerida vajalikud lahendused, et liikuda parema energiatõhususe poole.

5.1.2 Objekt S10

S10 puhul on tegemist hoonega, mis on ligi 60 aastat vana ning praeguseks on saanud endale uued aknad ning teostatud ka fassaadi renoveerimine. Baasaastale taandatud küttenergiakulu järgi ei ole hoone võrdlemisi energiasäästlik ning vajaks veel lahendusi. Teadaolevalt on maja kelder soojustamata ning võimalik, et alustada tuleks sellest. Selle soojustamine tagaks alumiste korterite puhul soojemad põrandad ning juba seetõttu vähem küttenergiakulu. Ühtlasi tuleks kaaluda ka sooja vee torustiku soojustamist, et väheneda selle soojuskadu.

5.1.3 Objektid V3 ja RP2

Need kaks hoonet on kõikide teiste seast parimas seisus, sest tegemist on kõige uuemate hoonetega. Mõlemal majal on olemas soojustagastusega ventilatsioonisüsteem ning soojusenergiakulud on madalad, mis tähendab, et tegemist on energiatõhusate elamutega. Selleks, et veelgi enam energiaefektiivsust tõsta võiksid hooned mõelda taastuvenergia lahendustele nagu näiteks päikesekollektorid, millega oleks võimalik toota sooja vett.

5.1.4 Objektid K13 ja S13

K13 ja S13 hooned on suhteliselt sama kategooria elamud. Majad on ehitatud veidi üle kümne aastase vahega ning S13 on ligi 800 m² võrra suurem. Sellest olenemata on hoonete soojusenergiatarbimised suhteliselt sarnased. S13 hoone renoveeriti enne töös analüüsitavat perioodi ning K13 selle perioodi vältel. Peale mõlema hoone renoveerimist on jäänud elamute küttenergia tarbimine ruutmeetri kohta pigem stabiilseks ning nende keskmise baasaasta kaalutud keskmise erinevus on kõigest 2 kWh/m². Parendusettepanekuna võib soovitada nendele majadele samuti taastuvenergia lahendusi, mis aitaks soojusenergia kulu veelgi alla tuua.

5.1.5 Objekt A9

Antud objekti küttenenergia kulud jäid samuti oma vanuse kohta küll normaalsesse skaalasse, kuid siiski oleks vaja teha investeeringuid selleks, et muuta hoonet energiaefektiivsemaks. Analüüsi käigus tuleb välja, et elamu kasutajad justkui vastavalt energia hindade tõusuga piirasid ise oma tarbimisharjumusi, et säästa maksumuse pealt. Sellest ainuüksi ei piisa. Selle hoone puhul tuleb arvesse võtta olemasoleva katuse seisukorda, sest viimaste ülevaatuste kohaselt on see ebakorrektselt soojustatud ning sealt tulenevalt on majal suur soojuskadu. Seega tuleks energiatõhususe tagamiseks investeerida hoone katuse renoveerimiseks, akende vahetamiseks ning võimalusel ka soojustagatusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamiseks.

5.1.6 Objekt Õ10

See hoone oli üks kahest kõige suurema küttekuluga just ruutmeetri kohta. Peamiseks põhjuseks on kindlasti see, et tegu on ligi 50 aastat vana hoonega, mille viimane renoveerimine leidis aset samuti eelmisel sajandil. Seetõttu on hoonel palju energiatõhusust mõjutavaid konstruktsioonilisi ja tehnilisi aspekte. Näiteks on hoone soojusisolatsioon liiga õhuke, küttetorustikul on suur soojuskadu, liiga ebatihedad ja õhukesed aknad ning hoone on küll kompaktse köetava pinnaga, kuid lodžadest tingitud sopilisus mõjutab samuti soojakao teket. Seega tuleks alustada selle elamu energiatõhusamaks muutmist energiatõhususe auditiga ning seejärel alustada renoveerimisprojektiga, mis tugineb uuritud andmetele.

5.1.7 Objekt R11

Selle hoone küttenenergia tarbimine ruutmeetri kohta oli jällegi suhteliselt normaalne selle vanuse kohta, kuid siiski on võimalik vähendada energiatarbimist vajalike renoveerimistööde näol. Hoolduskulud on samuti kõrged, sest süsteem ise on vana ning vajab pidevat hooldust ning parandamist. Selleks, et hoolduskulusid vähendada tuleks investeerida uue küttesüsteemi paigaldamisse. Tuleks kaaluda ka varianti minna kaugkütte peale üle. Samuti selle hoone puhul võiks mõelda soojustagatusega ventilatsiooni peale.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli 9 Tallinnas asuva korterelamu soojusenergia- ja hoolduskulude analüüsimine ja nende tulemuste põhjal teha järeldusi ja parendusettepanekuid energiatõhususe parandamiseks. Selleks võrreldi saadud andmeid omavahel ning varasemalt sarnaste hoonete seas läbi viidud uurimustega. Leiti objektide probleemseid aspekte ning arutleti võimalike muutuste üle. Lahendusi energiatõhususe tagamiseks tehti objekti põhiselt, et iga hoone saaks vastaval oma olukorrale tegutseda.

Töö esimeses osas tutvustati analüüsitavaid objekte ning nende tarbimiskulusid perioodil 2020-2022 ja selgitati, kuidas andmeid on kogutud ning koondatud.

Teise osa esimeses pooles tehti kogutud andmetega vajalike arvutusi. Nimelt eraldati kogu soojusenergia tarbimisest küttele kulunud soojusenergia ning tarbevee soojendamisele kulunud energia. Edasi oli võimalik küttekulu taandata baasaastale ning esitada neid andmeid vastavalt köetava pinna suurusele. Lõputöö teise osa teine pool keskendus saadud andmete analüüsimisega mis visualiseeriti nii tabelite kui ka graafikute näol. Andmeid võrreldi nii oma vahel kui ka varasemalt teostatud uurimustega. Arutleti energiatõhusust ning elanike tarbimisharjumusi mõjutavate põhjuste üle. Ühtlasi analüüsiti hoolduskulude jaotuvust ning leiti mustreid objektide vahel.

Lõputöö viimases osas tehti järeldusi ning esitati parendusettepanekuid eesmärgiga, et muuta töös käsitletud objekte energiatõhusamaks, võttes arvesse nende praegust kütteenergiakulu Lähtudes Euroopas kehtestatud direktiividele anti objektipõhiseid soovitusi, millest alustada, et liikuda energiatõhususe paranemise poole.

Käesolevas lõputöös välja toodud andmete põhjal on võimalik järeldada, et enamus töös analüüsitavatest korterelamutest ei ole väga energiatõhusad. Võrreldes varasemate uuringutega tuli välja, et nende elamute soojusenergia küttekulul on potentsiaali muutuda väiksemaks õige ning põhjaliku renoveerimise teel. Töös kõikide käsitletud hoonete keskmine küttekulu oli 138,7 kWh/(m²·a), kuid välja toodud uuringute kohaselt oleks seda võimalik vähendada sõltuvalt objektist 2-5 korda. Seega hoolimata sellest, et renoveerimine on eelmisel sajandil valminud elamute seas aktuaalne protsess, vajab see selliste hoonete puhul põhjaliku eeltööd, et saavutada

renoveerimisega pädev energiaefektiivsus. Seega on hooneid, kus teostatakse küll renoveerimine, aga seda tehakse ilma põhjaliku uuringuta hoone osas. Ühtlasi eksisteerib hooneid, mis on ehitatud kõigest 10 aastat tagasi, kuid on ehitatud võimalikult kokkuhoidlikult ehk Eestis kliimas ei ole ka need hooned väga energiatõhusad.

Samuti oli võimalik järeldada, et energiaefektiivsust on võimalik parandada lisaks renoveerimisele ka elanike tarbimisharjumuste muutmisega või kaaluda investeerimist taastuvaenergia seadmetesse. Seda näiteks kaasates elanike kampaaniatesse, mis julgustavad kasutajaid muutma enda tarbimist säästlikumaks ning ühistul on endal võimalus võtta vastu otsuseid selleks, et lasta hoonele paigaldada taastuvaenergia seadmeid.

SUMMARY

The aim of this thesis was to analyze the heating and maintenance costs of 9 apartment buildings located in Tallinn, and based on the results, draw conclusions and propose improvements for enhancing energy efficiency. To achieve this, the obtained data was compared internally and with previous studies conducted on similar buildings. Problematic aspects of the properties were identified, and potential changes were discussed. Solutions for improving energy efficiency were tailored to each property, considering its specific circumstances.

The first part of the thesis introduced the analyzed objects and their consumption costs for the period 2020-2022, explaining how the data was collected and compiled.

In the first half of the second part, calculations were performed using the collected data. Specifically, the total heat energy consumption was separated into energy used for heating and energy used for heating domestic hot water. Subsequently, heating costs were normalized to a base year and presented according to the size of the heated area. The second half of the second part focused on analyzing the obtained data, visualized through tables and graphs. Data was compared both internally and with previous studies. Discussions were held on energy efficiency and the reasons influencing residents' consumption habits. Additionally, the distribution of maintenance costs was analyzed, and patterns among the properties were identified.

In the final part of the thesis, conclusions were drawn, and improvement suggestions were presented with the goal of making the analyzed properties more energy-efficient, taking into account their current heating energy consumption. Based on directives established in Europe, property-specific recommendations were provided as a starting point to move towards improved energy efficiency.

According to the data presented in this thesis, it can be concluded that most of the analyzed apartment buildings are not very energy efficient. Comparing with previous studies, it was revealed that the heating energy consumption of these buildings has the potential to be significantly reduced through thorough renovation. The average heating cost for all buildings covered in the thesis was 138.7 kWh/(m²·a), but according to the cited studies, this could be reduced 2-5 times depending on the property. Therefore, despite renovation being a relevant process for buildings constructed

in the previous century, it requires thorough preliminary work to achieve competent energy efficiency in such cases. There are also cases where buildings, although constructed just 10 years ago, were built with a focus on cost savings and are not very energy-efficient in the Estonian climate.

Furthermore, it was evident that in addition to renovation, energy efficiency can be improved by changing residents' consumption habits or considering investments in renewable energy devices. This could be achieved, for example, by involving residents in campaigns that encourage them to make their consumption more sustainable, and the homeowners' association has the opportunity to make decisions to install renewable energy devices on the building.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „EVS 807:2016/A2:2022“, EVS. Vaadatud: 17. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://www.evs.ee/et/evs-807-2016-a2-2022>
- [2] „Maa-amet - Fotoladu“. Vaadatud: 18. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://fotoladu.maaamet.ee/?basemap=hybriidk&zlevel=14,24.69101,59.44911&overlay=avaleht&etak=24.69072,59.44890>
- [3] „Google Maps“, Google Maps. Vaadatud: 18. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://www.google.com/maps/@59.4249264,24.7246998,14z?entry=ttu>
- [4] „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika–Riigi Teataja“. Vaadatud: 18. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/109062015021?leiaKehtiv>
- [5] A. Hamburg ja T. Kalamees, „The Influence of Energy Renovation on the Change of Indoor Temperature and Energy Use“, *Energies*, kd 11, nr 11, Art. nr 11, nov 2018, doi: 10.3390/en11113179.
- [6] „Korterelamute energiaauditite koostamise juhend.pdf“. Vaadatud: 5. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Korterelamute%20energiaauditite%20koostamise%20juhend.pdf>
- [7] „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele–Riigi Teataja“. Vaadatud: 15. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052015002?leiaKehtiv>
- [8] „Energiatõhusus - Tööriistad energiatõhususe mõõtmiseks“, KredEx. Vaadatud: 12. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://www.kredex.ee/et/energiatohusus-uuringud-ja-andmed/kraadpaevad>
- [9] A. Hamburg ja T. Kalamees, „How well are energy performance objectives being achieved in renovated apartment buildings in Estonia?“, *Energy Build.*, kd 199, lk 332–341, sept 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.07.006.

- [10] „Milline on energiatõhus maja?“, Timbeco. Vaadatud: 15. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://timbeco.ee/tooted/elementmajad/milline-on-energiatohus-maja/>
- [11] A. Hamburg, K. Kuusk, A. Mikola, ja T. Kalamees, „Realisation of energy performance targets of an old apartment building renovated to nZEB“, *Energy*, kd 194, lk 116874, märts 2020, doi: 10.1016/j.energy.2019.116874.
- [12] „Suvi 2022: mitu kriisi korraga — Euroopa Keskkonnaagentuur“, Vaadatud: 11. detsember 2023. [Online]. Available at: <https://www.eea.europa.eu/et/articles/suvi-2022-mitu-kriisi-korraga>

LISAD

Lisa 1. Objektide sooja tarbevee küttekulu arvutus köetavapinna kohta

LISA 1. Objektide sooja tarbevee küttekulu arvutus köetavapinna kohta

Objekt	Köetavpind	Kulu soojale tarbeveele, kWh/a			Kulu soojale tarbeveele ,kWh/(m2*a)			Keskmine 2020-2021
		2020	2021	2022	2020	2021	2022	
S14	1744	44343	42564	41488	25,4	24,4	23,8	24,5
S10	558	20170	16333	14274	36,1	29,3	25,6	30,3
V3	595	14812	15186	13525	24,9	25,5	22,7	24,4
K13	2689	77149	81338	74950	28,7	30,2	27,9	28,9
S13	3401	96080	97484	87165	28,3	28,7	25,6	27,5
A9	1416	39452	40926	34164	27,9	28,9	24,1	27,0
RP2	3465	97297	97016	99239	28,1	28,0	28,6	28,2
Õ10	4054	143488	139721	135766	35,4	34,5	33,5	34,4
R11	3516	159143	146671	160243	45,3	41,7	45,6	44,2