

Tellija:
Tellija kontaktisik:
Aadress:
Tel.:
E-post:



ENERGIAAUDIT



12-korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 31.01.2011.a.

Aruanne esitatud: 29.04.2011.a.

Auditeerija ettevõte: TERMOPILT TARTU OÜ

Aadress: Riia 24a, Tartu

Reg. Nr. 11755907

Tel.: 53 49 11 82

E-post: tartu@termopilt.ee

Energiaaudiitor: Tõnu Jõesaar

Allkiri:

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest	4
2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs	5
2.1 Hoone asukoht ja paiknemine.....	5
2.2 Hoone üldandmed.....	5
2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd.....	6
2.4 Energia- ja veevarustuse üldisloomustus	6
2.5 Soojusenergia kulu	7
2.6 Elektrienergia kulu	8
2.7 Vee kulu	9
2.8 Hoone soojusbilanss	9
2.9 Korterite sisekliima ankeet	11
2.10 Eluruumide sisekliima mõõtmised	11
2.10.1 Nõuded eluruumide sisekliimale	11
2.10.2 Sisekliima mõõtmiste tulemused.....	12
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus.....	13
3.1 Hoone piirdetarindid.....	13
3.1.1 Pööningu vahelagi	14
3.1.2 Välisseinad.....	14
3.1.3 Sokkel	15
3.1.4 Välisüksed ja trepikoja aknad.....	15
3.1.5 Aknad	15
3.2 Hoone tehnosüsteemid	16
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.....	16
3.4 Ventilatsioonisüsteem	17
3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	19
3.6 Elektriseadmed	19
3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	19
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	21
4.1 Säästumeetmete paketid	21
4.2 Säästumeetmete pakettide majanduslik mõju	23
4.3 Kokkuvõte.....	24
5. Kasutatud allikad	24
7. Lisad	24
6.1. Kasutatud mõõteseadmed	24
6.2. Küttematerjali tarbimisandmed	25
6.3. Tarbevee tarbimisandmed	25
6.4. Soojavee tarbimisandmed	25
6.5. Elektrienergia tarbimisandmed	26
6.6. Tarbegaasi tarbimisandmed	26
6.7. Termograafilise ülevaatuse fotod ja aruanne	26

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Tartu maakonnas asuva 2-korruselise 12 korteriga kortermaja kütte, ventilatsiooni, elektri- ja veevarustuse süsteemide käesoleva olukorra analüüs ning leitud võimalused hoone energiatarbe vähendamiseks.

Auditeerimise mahu ja mudeli aluseks on võetud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning Tallinna Tehnikaülikooli poolt väljatöötatud hoonete energiaauditi juhendmaterjal. Energiakasutuse analüüsimiseks on kasutatud korteriühistu juhatuse poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid ja vastavaid rahalisi kulutusi aastatel 2008-2009. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud jaanuaris 2011 hoone termograafiline ja visuaalne ülevaatus.

Aruanne sisaldab hoone piirdetarindite ning tehnosüsteemide tehnilis-majanduslikku analüüsi, energia tarbimise alandamise potentsiaali lähtuvalt võimalikest energiasäästumeetmetest. Energiasäästu potentsiaal on esitatud vajalike investeeringute, eeldatava energiakokkuhoiu ning lihttasuvusaja kujul.

Hoones on mõõdetud summaarset küttematerjali kulu ja elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Soe tarbevesi valmistatakse elektriboileritega korterites. Õhuvahetusest tingitud soojuskadusid hinnati kaudselt õhuvahetuse kordarvu alusel.

Optimaalne renoveerimis/rekonstrueerimispakett valitakse välja tellija poolt vastavalt finantseerimise võimalustele. Osa säästumeetmeid on selliseid, mille rakendamine annab reaalselt säästu ainult rakendatuna koos teiste meetmetega, seetõttu esitatakse säästumeetmed pakettidena. Auditeerimise käigus välja toodud energiasäästumeetmete pakettide rakendamisel hoone sisekliima paraneb või ühtlustub eeldatavalt normikohasele tasemele. Tuleb tähele panna, et erinevate meetmete rakendamisel saadavad säästud ei ole otseselt liidetavad.

Väljapakutud energiasäästu ettepanekute realiseerimine võib nõuda vastavate tööde jaoks projekti koostamist ja ka ehitusloa taotlemist vastavalt kohaliku omavalitsuse poolt kehtestatud korrale. Ehitusfirmadelt on soovitatav tööde hinnapakumised küsida lähtudes rekonstrueerimisprojektist, mis annab adekvaatse aluse ka tööde omanikujärelevalve korraldamiseks.

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit korteriühistu esindajana hr. Heiki Koort

Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad ja kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga 20%. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud küttepuude keskmisest hinnast 500 kr/ruumimeeter ja elektrienergia hinnast 1,5 kr/kWh. Reaalsete tarbimismahtude alusel on kujunenud soojusenergia keskmiseks hinnaks 53,37 €/MWh (835 kr/MWh), millega on tehtud tasuvusarvutused.

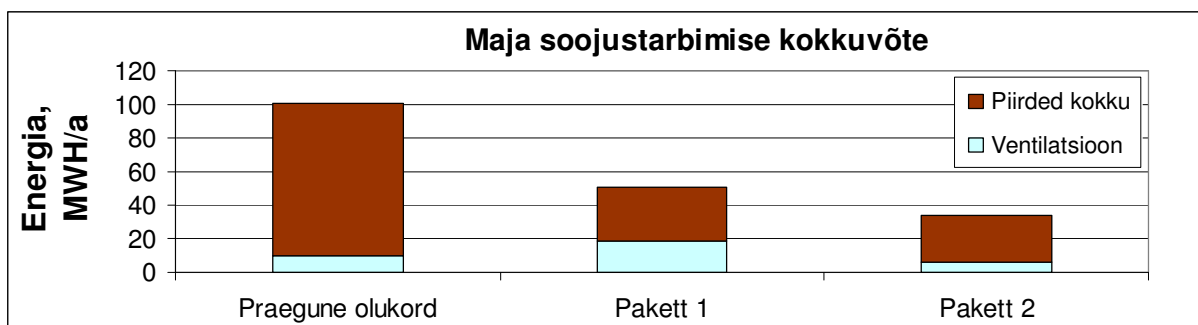
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi läbiviimise tulemustest. Küttepuude keskmine kogukulu aastatel 2008-2010 on olnud 100 ruumimeetrit/a, millele vastab 79 MWh/a soojusenergiat. Lisaks küttepuudele kasutatakse ruumide kütmiseks elektrit.

Normaalaastale taandatud kahe viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 114 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 508 m² (elu- ja mitteeluruumid, trepikojad on ilma küttega) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule 225 kWh/m². Elektrienergiat on tarbitud koos eluruumide ja mitteeluruumide hinnangulise elekterküttega kokku 44 MWh/a. Kaalutud energiaeritarbimine on 319 kWh/m²a, klass-G.

Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud kaks säästumeetmete paketti, mille abil on võimalik soojusenergia kulu tehniliselt alandada ning lisaväärtuseks on inimeste heaolu tõus tänu paranenud sisekliimale. Kuna hoone küttesüsteem on korteripõhine individuaalse küttekulude arvestamisega, siis ei ole välja toodud renoveerimistoetuse 15% tasemele vastavat tööde paketti. Üksikute välispiirete eraldi rekonstrueerimine ei vasta renoveerimistoetuse ja sooduslaenu tingimustele. Säästupaketid (p.4.1) on koostatud arvestades meetmete omavahelist koosmõju. Säästupakettide energiasääst on arvutatud käesoleva olukorra suhtes. Kaalutud energiaeritarbimise prognoos on tehtud eeldusel, et elektrienergia tarbimine kütteks ja küttepuude tarbimine vähenevad ühes proportsioonis vastavalt meetmete paketi arvutatud energiasäästule.

- Esimene pakett. Soojustatakse välisseinad, pööningu vahelagi ja sokkel ning paigaldatakse uus katusekate. Samuti vahetatakse trepikoja ukсед ja aknad. Veel vahetamata korterite vanad aknad asendatakse uute ja paremini sooja pidavatega. Kõik aknad tõstetakse seina välispinda soojustuskihi sisse. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Investeering on ca. 56 tuhat eurot (0,9 miljonit kr) ja energiasääst on 50 MWh ehk 50%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 99 kWh/m². Kaalutud energiaeritarbimine on 188 kWh/m²a. Energiatarbimise klass – D.
- Teine pakett. Soojustatakse välisseinad, pööningu vahelagi ja sokkel ning paigaldatakse uus katusekate. Samuti vahetatakse trepikoja ukсед ja aknad. Veel vahetamata korterite vanad aknad asendatakse uute ja paremini sooja pidavatega. Kõik aknad tõstetakse seina välispinda soojustuskihi sisse. Värskõhu klappide asemel paigaldatakse eluruumide seintesse soojustagastiga ventilatsiooniagregaadid. Investeering on ca 67 tuhat eurot (1,1 miljonit kr) ning aastane sääst on 67 MWh/a ehk 66%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 66 kWh/m²a. Kaalutud energiaeritarbimine on 146 kWh/m²a. Energiatarbimise klass – C.



2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

2.1 Hoone asukoht ja paiknemine

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	
EHR kood:	
Ehitusaasta:	1968
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	365
Suletud netopind (EHR), m ² :	841,1
Minimaalne korruste arv:	2
Maksimaalne korruste arv:	2
Hoone maht (EHR), m ³ :	2795
Köetav pind, m ² :	508
Eluruumide pind (EHR), m ² :	464,3
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	43,6
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	1270
Korterite arv:	11
Tubade arv:	22
Elanike arv:	23
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

Keldrikorrusel asuvaid kütetorustike poolt soojendatud ruume ei ole hoone köetava pinna hulka arvestatud. Trepikojad on samuti ilma kütteta.

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd

Tabel 2

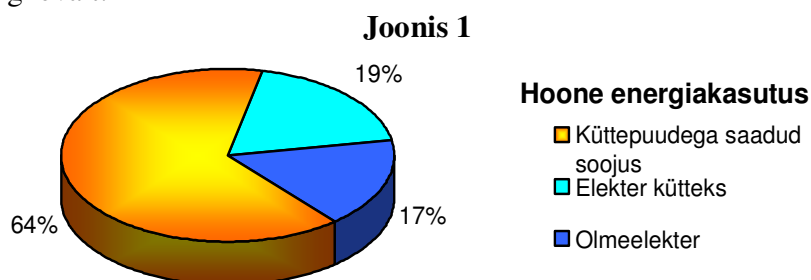
Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Puitakende vahetamine pakettakende vastu. Uusi aknaid ca 55% akende pindalast

2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus

Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	
Põhiline kütteviis:	Kohtküte
Kasutatav kütus:	Küttepuud, elektrienergia
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Ahjud, pliidad, elektriradiaatorid
Kütte automaatika	Puudub
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Puudub
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	Elektrienergia mõõtmine, küttepuude arvestus
Tarbevee tarnija:	Emajõe Veevärk AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalne asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Tsentraalne, juhitakse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Elektri- ja puuküttega boileritega korterites
Sooja tarbevee arvestus:	Veemõõdikud korterites
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs ventilatsiooniavadest ja akende/uste ebatiheduste kaudu, väljatõmme ventilatsiooni-lõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V
Liitumispunkti peakaitse:	

Hoones viimasel kahel aastal keskmiselt tarbitud soojusenergia ja korterite elekter kokku jagunevad alljärgnevalt:



Kokku on majas tarbitud erinevatest allikatest 122 MWh/a energiat.

2.5 Soojusenergia kulu

Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2008	2009	Ühik
Elektirtarbimine kütteks	23	23	MWh/a
Kütuse tarbimine (küttepuid)	95	108	ruumimeeter/a
Soojustarbimine kokku	97	107	MWh/a
Soojuskulu tarbevee soojendamiseks	6	6	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	91	101	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tartu		
Kraadpäevade arv	3301	3752	°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	3975		°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	115	113	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	843	828	Kr/MWh
Kulutused soojusele	81678	88875	Kr/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	227	223	kWh/m ²
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	249	244	kWh/m ²

Majas on ahjud, kaminad ja pliidid ning peale selle kasutatakse elektriradiaatoreid ja puhureid. Põhiline kütmine toimub ahjude ja pliitidega. Elektrilised küttekehad on ahjude perioodilise kütmise vahel toatemperatuuri ühtlustamiseks ja mugavustunde loomiseks. Elektrilised küttekehad on termostaatidega ja reguleeritavad toatemperatuuri hoidmiseks..

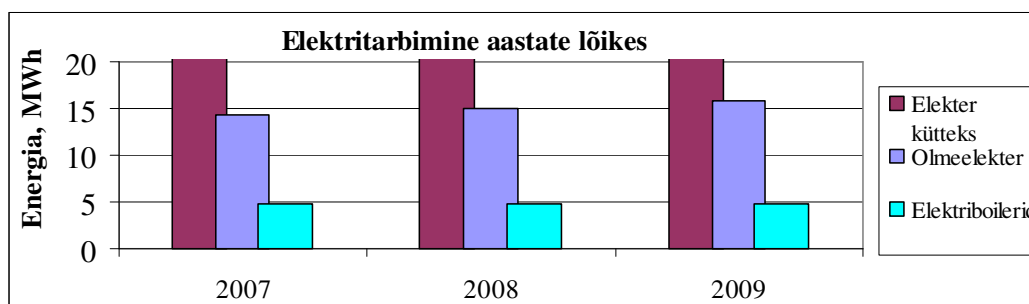
Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist normaalaastale teisendatud energiavajadust 101 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2007	2008	2009	Ühik
Elektrienergia tarbimine kütteks				
Elektrienergia tarbimine	22,3	22,8	23,4	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	43,9	44,9	46,1	kWh/(m ² a)
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	48,0	49,1	50,4	kWh/(m ² a)
Elektrienergia maksumus				kr/a
Elektrienergia tarbimine olmeks				
Elektrienergia tarbimine	19,1	19,9	20,7	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks	5,4	5,4	5,4	MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	13,8	14,5	15,4	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	27,1	28,5	30,2	kWh/(m ² a)
Olmeelektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	29,7	31,2	33,1	kWh/(m ² a)

Elektriboilerid on 6 korteris ja elektritarbimine sooja vee valmistamiseks on hinnanguline vee tarbimise mahu alusel. Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta on normi kohaselt 40 kWh/(m²a), kui toiduvalmistamiseks kasutatakse elektripliite ja 25 kWh/(m²a), kui elektripliite ei kasutata. Antud majas on kasutusel nii elektri- kui ka puukütet pliidid ja olmeelektri tarbimine on nende kahe väärtuse vahel.



Olmeelektri tarbimine on kasvutrendiga, mis on seotud ilmselt kodumasinate arvu suurendamisega. Olmeelektri kõige suurem säästuvõimalus on seadmete täielik väljalülitamine kui neid ei kasutata. See kehtib nii valgustite, olmeelektroonika kui ka telefonilaadijate kohta. Väljalülitatud kuid nõ puldivalmiduses seade tarbib keskmiselt 20W, mis kõigi seadmete peale kokku võib teha 60-100 W ööpäevaringset elektritarbimist, ehk 40-70 kWh kuus. Säästupirnide kasutamine on efektiivne üldvalgustites, mida tihti sisse-välja ei lülitata. Sagedane sisse-välja lülitamine kahandab oluliselt säästupirnide eluiga ja muudab rahalise säästu olematuks. Uued LED-tüüpi valgustid on sellest puudusest vabad.

2.7 Vee kulu

Tabel 6

Tarbevee kulu	2007	2008	2009	Ühik
Tarbevesi	440	441	439	m³/a
-erikulu köetava pinna kohta	0,87	0,87	0,86	m³/(m² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,95	0,95	0,95	m³/(m² a)
Vee hind				Kr/m³
Vee eest tasutud				Kr/a
Soe tarbevesi	164	165	164	m³/a
-erikulu köetava pinna kohta	0,32	0,32	0,32	m³/(m² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,35	0,35	0,35	m³/(m² a)
Elektri kulu vee soojendamiseks	5,4	5,4	5,4	MWh/a
Soojuse tariif/hind				Kr/MWh

Sooja tarbevett valmistatakse korterites ektri- ja puukütel boileritega ja sooja tarbevee kulu ei mõõdetata. Sooja vee tarbimist on hinnatud kogemuslikult 37% kogu veetarbimise mahust, mis on väiksem kui tsentraalse sooja vee tarbimine statistilise keskmise alusel kortermajades. Sooja tarbevee erikulud on korterelamutes enamasti vahemikus 0,55—0,90 m³/(m²a) eluruumide pinna kohta. Antud hoones on see väiksem ja sõltub ilmselt leibkondade koosseisust, vanuselisest struktuurist ja tarbimisharjumustest.

2.8 Hoone soojusbilanss

Hoones tarbitud soojusenergia, elektrienergia ja inimeste elutegevuse tagamiseks vajalik ning sellega kaasnev energia (vabaenergia) moodustavad hoone energiabilansi ühe poole. Soojakaod läbi välispiirete, kanalisatsiooni lastud reovesi ja ventilatsiooniks vajaliku õhu soojendamise energiakulu moodustavad hoone energiabilansi teise poole.

Vastavalt energiaauditi koostamise juhendile on soojuse bilansivalem järgmine:

$$Q_{\text{kogukulu (arvesti järgi)}} = Q_{\text{piirete kulu}} + Q_{\text{õhuvahetuse kulu}} + Q_{\text{sooja vee valmistamine}}$$

Soojakadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 17 °C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Tartu piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone soojusbilanss on esitatud tabeli kujul (Tabel 7).

Hoone iga välispiirde osa jahtumises ja kogu soojusenergia kadu läbi välispiirete on toodud alljärgnevas

Tabel 7

Päärde nimetus	Pindala	Soojus-juhtivus, U	Erisoojus-kadu, H_{vp}	Soojuskadu aastal
	m ²	W/m ² °C	W/°C	MWh
Külgseinad	311	1,00	311	29
Otsaseinad	104	1,10	115	11
Pööningu vahelagi	292	0,50	146	14
Aknad uued	52	1,40	73	7
Aknad vanad	42	2,50	106	10
Trepikoja ukse/aknad	27	3,00	81	7
I korruse põrand	273	0,54	146	14
Kokku			978	90

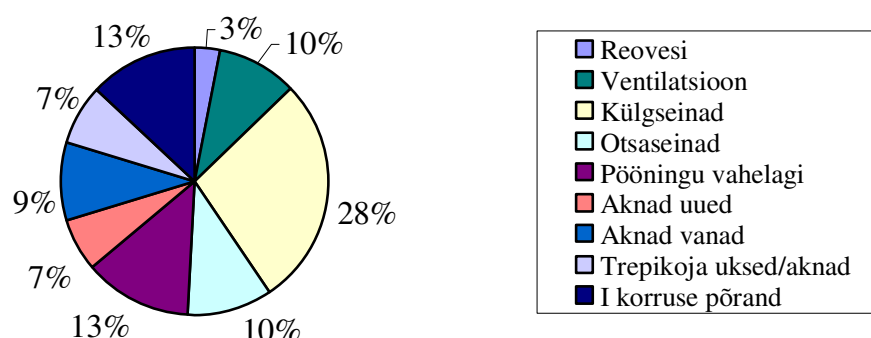
Lähtuvalt hoone kőetavast mahust on normikohase õhuvahetuse korral (õhuvahetuse kordarv 0,5 1/h) vārske õhu vajadus 635 m³/h ja erisoojuskadu õhuvahetusele on 214 W/°C. Aastane energiavajadus nõuetekohase ventilatsiooni tagamiseks on sellisel juhul 20 MWh/a. Tegelik energiakulu ventilatsioonile, hoone praeguses olukorras, erineb sellest vārtusest vastavalt reaalselt toimuvale õhuvahetusele ja on toodud soojusbilansi tabelis allpool.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia vālja	Osakaal
Mõõdetud soojusenergia tarbimine, MWh/a	104		
Soojusenergia sooja vee valmistamiseks, MWh/a		3	3%
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		90	87%
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		10	10%
Kokku	104	104	
Õhuvahetuse kordarv, 1/h		0,26	
Tasakaalutemperatuur, °C	16		

Hoone soojusenergia kulude jaotus ventilatsiooni tagamiseks ja läbi välispiirete toimuvate jahtumiskadude kompenseerimiseks

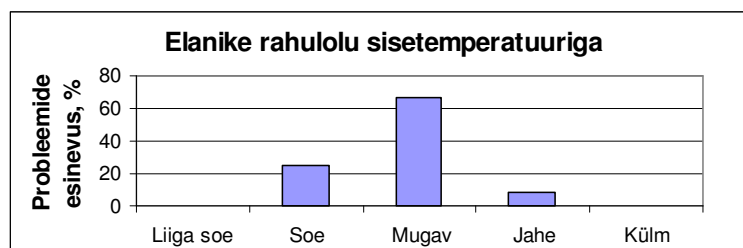
Joonis 2



2.9 Korterite sisekliima ankeet

Korterite sisekliima ankeedi täitis 12 korterit, mis on 100% korterite üldarvust. Alljärgnev kokkuvõte annab ülevaate maja olukorrast täidetud ankeetide alusel.

1. Korterite siseõhu temperatuuriga rahuolu iseloomustab allolev diagramm



Kuna kütmine on korteri tasemel individuaalselt reguleeritav, siis on elanike hinnang vastavuses nende soovide ja võimalustega. Liiga soe ja külm ei ole ükski korter. Keskmine temperatuur on 19,3°C, mis on madalam kui meie kliimas soovitatav talvine sisetemperatuur 21-22°C. Vähemalt üks korter ei ole hetkel asustatud ja see viib keskmise temperatuuri alla. Soojad korterid on maja keskel ülemisel korrusel ja jahedad korterid piirnevad äärmiste otsaseintega

2. Küttekollete perioodilisest kütmisest ja välispiirete suurest soojusjuhtivusest tulenevalt on sisetemperatuur kõikuv ja tihti ka madal.
3. Kuna paljud korterid on ajuti jahedad, siis piiratakse seal ka õhuvahetust, et sisetemperatuuri kõrgemal hoida. Kui välisseintes asuvad külmasillad, kuhu niiskus kondenseeruda saab, siis on loodud soodsad tingimused hallituse tekkimiseks ja 3 korteris on see ka juhtunud. Hallituse tekkimise peamiseks põhjuseks on konstruktiivsed külmasillad ja uute akende paigaldamise vead.
4. Kõik vanad aknad on vahetanud uute vastu 25% korteritest. Osaliselt on aknad vahetanud 33% korteritest. Hallituse tekkimine ei seostu otseselt akende vahetamisega.
5. Köökide seintes on ventilatsiooniavad ja enamikes korterites on need ka töökorras. Samas on probleeme väljatõmbekanalitega, mis on ilmselt pikemat aega puhastamata. Köökide ventilatsiooniga on rahul ainult 17% korteritest. **Kahes korteris on gaasipliidid ja seal on väljatõmbe puudumine tõsine ohufaktor.**
6. Vannitubades ja WC-s on ventilatsioon rahuldav 40% korterites. Ummistunud väljatõmbekanalid ei suuda tagada õhuvahetuse taset, mis inimeste poolt tekitatud niiskuse ja süsihappegaasi eluruumidest välja viiks. Tervisliku elukeskkonna tagamiseks vajab ventilatsioonisüsteem korrastamist.

2.10 Eluruumide sisekliima mõõtmised

2.10.1 Nõuded eluruumide sisekliimale

Lähtudes Eesti standardist EVS 839:2003 Sisekliima toodud normväärtustest, on talvisel ajal:

Soojusliku mugavuse klass	A	B	C
ruumiõhu temperatuur	21-23 °C	20-24 °C	19-25 °C
suhteline niiskus talvel	25% - 45%	25% - 45%	25% - 45%
süsihappegaasi (CO ₂) tase	<1000 ppm	<1200 ppm	<1500 ppm

Ventilatsioon peab tagama hoones viibivatele inimestele normaalse sisekliima ja piisava värske õhu juurdevoolu, et ei ületata vastava klassi eluruumide CO₂ mahukontsentratsiooni ülempiiri.

Ruumiõhu niiskusesisaldus peab olema niisugustes piirides, mis väldib veeauru kondenseerumist konstruktsioonides, sh külmasildadel ning ei põhjusta niiskuskahjustusi ega mikroorganismide kasvu. Kõrge õhuniiskuse tase toob kaasa hallituse tekkimise külmasildadel.

Siseõhu suhteline niiskus sõltub niiskustootlusest ruumides (inimeste arv ja elutegevuse intensiivsus, toidu valmistamine, pesemine, taimede kastmine jne), ventilatsiooni toimimisest ja õhu vahetusest ning välisõhust. Kuigi talvel on välisõhu suhteline niiskus kõrge, on tema veeauru sisaldus ehk absoluutne niiskus väike. Peamiselt seetõttu on siseruumide suhteline niiskus talvel madalam, kui suvel. Suhteline niiskus sõltub temperatuurist: sama veeauru sisaldusega õhu suhteline niiskus on soojemas keskkonnas madalam ja jahedamas keskkonnas kõrgem.

Hoonetes, kus on probleeme niiskusega, tekivad reeglina hallitusprobleemid. Hallitusseened suudavad alustada kasvu, kui suhteline õhuniiskus on >70-80%, ning kasv üha intensiivistub, kui õhu suhteline niiskus suureneb kuni 100%. See tähendab, et niiske õhu kondenseerumisel külmale seinale tekkivast veest piisab, et hallitusseened saaksid hakata kasvama.

Kõrvuti ebameeldiva lõhna ja pinnaviimistluse hävimisega võivad hallitused põhjustada allergiat ja nn „haige hoone sündroomi“. Inimesed, kelle immuunsüsteem puutub pidevalt kokku hallitustega, võivad muutuda ülitundlikuks. Tihti põhjustavad hallitusseente eosed hingamisteede haiguseid.

2.10.2 Sisekliima mõõtmiste tulemused

Hoone ülevaatusel ajal viidi läbi sisekliima mõõtmised järgmistes korterites:

Parameeter	Korter 5	Korter 4	Korter 12
Sisetemperatuur, °C	23,4	22	16,2
Suhteline niiskus, %	36	33	50
CO ₂ tase, ppm	1530	1300	1300

Korterite erinevate ruumide õhutemperatuur jäi valdavalt vahemikku 16 -23 °C, mis ühel juhul ei vasta eluruumidele püstitatud nõuetele.

Antud tüüpi hoonetes oli värske õhu sissepääs tagatud akende ja uste ebatiheduste kaudu ning saastunud õhu väljavool ventilatsioonikanalite kaudu. Osadel korteritel on uued, tihenditega aknad, mis ei taga loomulikult viisi õhuvahetust. Osa ventilatsioonikanaleid on oma konstruktsiooni ja ehitusvigade tõttu ebaefektiivse tõmbega või on ummistunud. Puuduliku õhuvahetuse tulemusena on korterites ülemäära kõrge niiskuse ja süsihappegaasi tase. Üheski korteris ei vasta süsihappegaasi tase tervisliku sisekliima tingimustele (≤ 1000 ppm) ja ühes korteris on see kõrgem kui soovituslik ülempiir 1500 ppm.

Õhuniiskuse tase oli 33%-50%, mis ühel juhul ületab soovituslikku ülempiiri, kuid ei tekita probleeme kui see ületamine on lühiajaline.

Selleks, et tagada eluruumide normikohane ventilatsioonitase, mis on ruumiõhu vahetumine üks kord kahe tunni jooksul, peab õhu liikumiskiirus väljatõmbe ventilatsiooniavades (avad köögis ja vannitoas) olema ligikaudu 1 m/s. Nimetatud tingimused ei olnud nendes korterites täidetud ja loomuliku väljatõmbe puudumist kompenseeritakse paremal juhul tubade tuulutamise akende kaudu.

Ankeetküsitluse ja korterite sisekliima mõõtmise tulemusena võib pidada kõige suuremaks probleemiks hoone ebaühtlast sisekliimat, mis tuleneb suurtest soojakadudest ja nõrka ventilatsiooni. Hoone renoveerimise kavandamisel on vajalik kõiki neid aspekte arvesse võtta.

3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

3.1 Hoone piirdetarindid

Tabel 9

Praegune olukord					Tehnilised parandusvõimalused ja vastav lihttasuvusaeg						
Piirdetarind või selle osa	Materjal/tüüp, olukorra kirjeldus	Pind- ala	U-arv	Soojus- kaod	Meetmed energiasäästuks	U-arv	Soojus- kaod	Energia- sääst	Investeering		Tasu- vus- aeg
		m²	W/m²K	MWh/a		W/m²K	MWh/a	MWh/a	EEK	EUR	aasta
Piirded kokku		1102		89			35	55	840000	53 800	18
Otsaseinad	Silikaattellistest müüritis	104	1,10	11	Lisasoojustus 150 mm	0,21	2	9	90 000	5 800	13
Külgeinad	Silikaattellistest müüritis	311	1,00	29	Lisasoojustus 150 mm	0,21	6	23	260 000	16 600	14
Aknad vanad	45% ehitusaegsed aknad, osaliselt amortiseerunud	42	2,50	10	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	4	5	90 000	5 800	20
Trepikoja uksed/aknad	Puituksed, ehitusaegsed aknad.	27	2,50	6	Soojustatud ukсед, pakettaknad.	1,20	3	3	60 000	3 800	22
I korruse põrand	Keldriseinad ja sokkel	273	0,54	14	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	0,35	9	5	90 000	5 800	23
Pööningu vahelagi	R/b paneel, ehitusaegne soojustus ja viilkatus	292	0,50	14	Uus katusekate ja lisasoojustus 300 mm	0,13	4	10	250 000	16 000	30
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	52	1,40	7	Tarindit ei renoveerita	1,40	7	0			

Märkus: Investeeringute loetelu on üksnes informatiivne ja üksiku investeeringu teostamisel ilma täiendavate meetmete rakendamiseti ei pruugi loodetud säästu saavutada. Investeeringute kavandamisel tuleks lähtuda koostööpartnerite soovitatavatest säästupakettidest.

Hoone piirdetarindite soojuspidavuse hindamisel ja parendusettepanekute koostamisel on lähtutud hoone termograafilise ülevaatus tulemustest ja TTÜ Ehitusteaduskonna poolt läbiviidud mahuka uuringu „Eesti eluasemefondi telliselamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ [6] järeldustest ja soovitudest.

Välispiirete soojapidavuse tõstmisel on lähtutud „Rohelise investeerimisskeemi «Korterelamute rekonstrueerimise toetus» kasutamise tingimused ja kord“ (MKM ministri 17. augusti 2010. a määrus nr 52 (edaspidi MKMm 52)) poolt sätestatud nõuetest, mille kohaselt peab:

- fassaadi taotluslik soojusjuhtivus, arvestades külmasildasid, olema $U \leq 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$,
- katuse soojusjuhtivuse taotlustase olema $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2 \text{K}$,
- uute avatäidete kompleksne soojusjuhtivus paigaldatuna olema $U \leq 1,10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ning paigaldama need soovituslikult soojustuse tasapinda
- ventilatsiooni rekonstrueerimisega tagama hoone sisekliima vastavuse standardi EVS-EN 15251 nõuetele.

3.1.1 Pööningu vahelagi

Antud hoonel on viilkatus, mis on kaetud lainelise eterniidiga. Katusekate on amortiseerunud ja seda on kohati paigatud. Ilma katusekatet uuendamata ei ole otstarbekas pööningu vahelage täiendaval soojustada. Hilisemad katusekattetööd rikuvad soojustuse ära.

Pööningu vahelagi koosneb raudbetoonist laepaneelist ja ehitusaegsest soojustusest. Ehitusaegne soojustus on tänapäeva normide kohaselt ebapiisav. Vastavalt termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsetele arvutustele on vahelae keskmiseks soojusjuhtivuseks hinnatud $U \sim 0,5 \text{ W/m}^2 \text{C}$, mis on oluliselt suurem kui MKMm 52 soovitat. Pööningu vahelae lisasoojustuse paksuseks on vähemalt 300 mm puistevilla, mis viib vahelae soojusjuhtivuse soovitatavale tasemele ja annab aastas energiasäästu 10 MWh ja soojustustööde lihttasuvusaeg on 6 aastat. Pööningu vahelae soojustamine puistevillaga on üks kiiremini tasuvamaid töid. Pööningul liikumise tagamiseks on vaja ehitada käiguteed, et soojustusmaterjali kokku ei tallataks.

Koos uue katuse paigaldamisega on pööningu vahelae soojustamise tasuvusajaks 24 aastat.

3.1.2 Välisseinad

Maja välisseinad on laotud mitmekihilise silikaattellistest müüritisena, mis koosneb kandvast osast ja välisvoodrikihist ning on omavahel seotud sideridadega. Välimine kivikiht on laotud puhta vuugiga. Sisemise ja välimise müüritisekihi vahel on mineraalvatist soojustus.

Termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsetest arvutustest lähtuvalt on hoone soojustamata otsa- ja külgeinte keskmiseks soojusjuhtivuseks hinnatud $U \sim 1,0\text{--}1,1 \text{ W/m}^2 \text{C}$, mis on majanduslikult tasuvam (suurem energiasääst ja lühem tasuvusaeg) kui MKMm 52 soovitatud väärtus $U_{\max} = 0,22 \text{ W/m}^2 \text{C}$.

Kuna aknad on nii otsa- kui ka külgeintes, siis on otstarbekas kõiki välisseinu soojustada ühepaksuselt. Välisseinte soojustamisel on soovituslikuks paksuseks 150 mm, mis tagab normikohase soojapidavuse. Välisseinte soojustamisel saadav energiasääst kokku on 32 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 14 aastat.

Välisseinte soojustamine tervikuna tõstab oluliselt maja kasutusmugavust. Just soojustamata seintes olevad külmasillad moodustavad nõ „külma õhkavad“ piirkonnad, mis on olulised ebamugavuse allikad ja tihti ka soodsad piirkonnad hallituse tekkimiseks. Hallitusseene eosed saastavad meile märkamatu eluruumi õhku ja järjest rohkem levivad hingamisteede allergilised haigused on otseselt seotud elukeskkonna kvaliteedi ja toaõhu puhtusega. Akende vahetamine, mis tõstab ruumi temperatuuri soojakadude ja ülemäärase ventilatsiooni vähendamise tõttu ei likvideeri „külma õhkavaid“ piirkondi ja vaatamata ruumi kõrgemale temperatuurile külmal ajal

ebamugavustunne säilib. Seinte soojustamise tagajärjel külmasillad kaovad ja mugavustunne tekib ruumide madalama temperatuur korral, mis võimaldab täiendavalt energiat säästa.

3.1.3 Sokkel

Soojakaod läbi eluruumide all paikneva keldri põranda, vundamendi ja sokli võetakse arvesse keldrikorrust ja eluruume eraldava esimese korruse põranda efektiivse soojusjuhtivuse kaudu, mis on arvutatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ja mille väärtuseks antud hoone puhul on $U=0,54 \text{ W/m}^2\text{C}$. Esimese korruse põranda efektiivset soojusjuhtivust saab oluliselt vähendada keldri lae soojustamise teel, kuid siis jäävad isoleerimata sokli-põranda-seina liites olevad konstruktiivsed külmasillad, mis esimese korruse põranda ääred külmaks muudavad ja seal niiskuse kondenseerumise tõttu ka probleeme tekitavad. Seepärast on otstarbekas vähendada kogu keldri soojuskadusid sokli väljastpoolt soojustamise kaudu sellisel viisil, et konstruktsioonide liites olev külmasild ka isoleeritud saaks. Kui välisseinu samaaegselt ei soojustata, on soovitatav soojustada ka sokliga liituv fassaadiosa kuni alumise korruse akendeni. Lähtuvalt termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsest hinnangust on hoone soojustamata sokliosa soojusjuhtivus suurusjärgus $U \sim 2 \text{ W/m}^2\text{C}$. Lähtudes keldri soovituslikust sisetemperatuurist 12°C , on otstarbekas sokliosa soojusjuhtivus viia väärtuseni $U_{\max}=0,4 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Sokliosa soojuspidavuse suurendamiseks on vajalik täiendada seda 100 mm lisasoojustusega. Sellisel moel teostatud soojustustööde tulemusena on uus U -arv $\sim 0,4 \text{ W/m}^2\text{C}$. Esimese korruse põranda efektiivne soojusjuhtivus langeb väärtusele $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{C}$ ja hinnanguline energiasääst on 5 MWh/a, tööde lihtsuvusaeg on 23 aastat. Koos sokli lisasoojustamisega on otstarbekas vahetada uute vastu vanad keldriaknad. Tasuvusajast olulisem on esimese korruse põranda välisäärt soojaks muutumine, mis likvideerib hallituse tellimise ohu ja loob mugavamad elamistingimused.

Hoonel puudub sadevete ärajuhtimise süsteem ja katuselt langev vihmavesi pritsib vastu maja seina ja valgub vundamendi alla. Koos sokli soojustamisega on vaja planeerida maja ümbrus kaldega majast eemale, et hoida keldrit niiskuse eest ja välja ehitada sadevete ärajuhtimise süsteem.

NB! Antud kalkulatsioonid lähtuvad üksnes sokliosa soojuslikust režiimist.

Kuivõrd hoone vundament ja sokkel on pinnaseniiskuse seisukohalt kriitilises piirkonnas asuv konstruktsioon, on mõttekas sokliosa soojustamine kindlasti läbi analüüsida koos kompetentse projekteerijaga, et vältida soojustamisest tuleneda võivaid, niiskusrežiimi muutumisest tingitud probleeme.

3.1.4 Välisüksed ja trepikoja aknad.

Trepikojal on ehitusaegsed välisüksed ja aknad, mis on amortiseerunud. Trepikoja sissepääsul on tuulekoda ja trepikoda on ilma kütteta. Maja renoveerimise käigus on soovitatav asendada uutega kõik trepikodade avatäited. Tuulekoda peaks säilima. Kuna trepikoja kütet on võimalik korraldada ainult elektriga, siis on oluline paigaldada võimalikult hea soojapidavusega aknad ja korralike tihenditega ukseid mõlemale poole tuulekoda. Trepikoja avatäidet vahetamine annab hinnanguliselt 5 MWh/a energiasäästu ja tööde lihtsuvusaeg on 23 aastat.

3.1.5 Aknad

Vanemat tüüpi kahe eraldiseisva klaasiga akende soojusjuhtivus on minimaalselt $U=2,7 \text{ W/m}^2\text{C}$, millele lisanduvad akende ebatihedusest tingitud soojuskaod. Akende soojuspidavust aitavad

parandada kardinatega ja ruloode kasutamine, mille tõttu on akende efektiivseks soojusjuhtivuseks hinnatud $U=2,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Akende vahetamine kaasaegsete kolme klaasiga pakettakende vastu viib nende soojusjuhtivuse väärtusele $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Ülevaatusel ajaks oli ca 55% korteritest vahetanud kõik aknad uute vastu.

Vanade puitakende vahetamisel kitsa piidaga plastakende vastu tekib oht, et kitsa piida kõrvale jääb sein sisse külmasild, mis enne oli parema soojapidavusega ja laiema puitpiidaga kaetud. Hoonete termograafilisel ülevaatusel on tihti näha, et uute plastakende ümbrus on külmal ajal külm ja märg. Nimetatud külmasilla katmiseks on peale plastakna paigaldamist vaja soojustada aknapõsed väljastpoolt 2-3 cm paksuse soojustuskihiga ja viimistleda. Veelgi parem on vahetada aknad maja välisseinte soojustamise ajal ja paigaldada aknad seina välispinda soojustuse sisse. Sellisel viisil välditakse ülalnimetatud külmasildu ja maja välisilme ei muutu. Soojustatud sein puhul muutub akende ümber olev külmasild oluliseks soojuskaotuse kanaliks ja vähendab seinte soojustamisel saadavat energiasäästu ca 10% võrra (vt viide[6], lk 47). Seinte soojustamisel saadava energiasäästu arvutused on tehtud eeldusel, et aknad tõstetakse seinapinnale soojustuskihiga sisse.

Puitakende ebatihedus on olnud loomuliku ventilatsiooniga majade värske õhu sissevoolu kanaliks, mis kaasaegsete akende (nii plast- kui ka puitraamiga aknad) paigaldamise tagajärjel kaob. Ebapiisava ventilatsiooni tagajärjel tõuseb ruumide niiskusesisaldus, mis soojustamata seintel niiskusekahjustusi ja lõpuks ka hallitust põhjustavad. Seepärast on uute akende paigaldamisel vaja jälgida, et ventilatsiooniõhu sissepääs oleks tagatud (tuulutusklaappidega aknaraamid või ventilatsiooniavad seinas). Õhuvahetus peab toimuma mitte läbi juhuslike pilude, vaid selleks ettenähtud moodusel ja reguleeritavalt.

3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Lokaalküte	Ahjud, pliitid ja elektriradiaatorid
Soojussõlm	Puudub	
Soojuse arvesti	Kütuse ja elektri individuaalne arvestamine korteripõhiselt	
Sooja tarbevee valmistamine	Elektriboilerid korterites	

Kütmine on korteri tasemel individuaalselt reguleeritav. Korterite sisekliima ankeedi tulemuste alusel võib järeldada, et kütmine toimub vastavuses elanike soovide ja võimalustega. Liiga soe ja külm ei ole ükski korter. Puukütel ahjudele ja pliitidele ei ole praegusel ajal küttehinna võrdluses alternatiivi. Maja soojapidavuse paranedes väheneb elektrienergia tarbimine kütteks. Küttesüsteemi suuremahuline rekonstrueerimine ei ole praegusel ajal otstarbekas.

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse asulavõrgust. Tarnija on AS Emajõe Veevärk. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalselt, elektriboilerid on 7 korteris ja ülejäänud korterites kasutatakse sooja vee valmistamiseks puukütel seadmeid. Mitteiluruumis sooja vett ei tarbita. Sooja vee kogusei ei mõõdata. Hinnanguliselt tarbitakse maja poolt aastas 164 m³ sooja vett, mis on koguseliselt ca

50% tarbimishinnast.

Olmekanaliseerimine juhitakse linnavõrku. Hoonesisene torustik on valdavalt ehitusaegne ja töökorras.

3.4 Ventilatsioonisüsteem

Ventilatsiooni eesmärk on eelkõige õhu puhtuse tagamine ja selleks peab eluruumide õhk vahetuma vähemalt üks kord kahe tunni jooksul (õhuvahetuse kordarv 0,5).

Kortermajade tüüpiliseks värske õhu allikas on olnud puitakende ebatihedus. Loomuliku ventilatsiooni tingimustes oleneb õhuvahetus ventilatsiooniavade avatusest, välis- ja sisetemperatuuri vahet, tuule tugevusest ja suunast, vertikaalse ventilatsioonikanali kõrgusest ja seisukorrast. Renoveerimata elamute alumistel korrustel võib õhuvahetus talvel olla isegi liiga suur, suvel aga liiga väike. Ülemiste korruste korterites on õhuvahetus üldjuhul alati ebapiisav. Loomuliku ventilatsiooniga ei ole võimalik stabiilselt kindlustada vajalikku õhuvahetust, eriti korruselamute viimastel korrustel. Nõrk ventilatsioon või ventilatsiooni puudumine tähendab, et saastunud õhku ei eemaldata ruumist. Seega ei ole kindlustatud inimese elutegevuseks vajaliku värskeõhu vooluhulk ja selle loomulik ringlemine ning ei ole tagatud tervislik mikrokliima. Kortrite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on kõrge toaõhu niiskus, mis külmadele seintele kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Vähemtaju on toaõhku kontsentreeruvad CO₂ ja muud elutegevusega kaasnevad jääained, millises keskkonnas pideval viibimisel on oht tervisekahjustuste tekkeks. Soojusenergia kallinedes on hakatud suurt tähelepanu pöörama energia kokkuhoiule, mida tehakse esmajärjekorras toasooja arvelt. Küttevõimsuse vähenedes hakatakse vähendama ventilatsiooni – ventilatsiooniavad pannakse kinni, vanad aknad vahetatakse uute ja tihedate vastu. Sellisel moel vähendatakse kütmiseks vajalikku energiakulu, kuid see toimub sisekliima arvelt, mille tulemusena tõuseb ruumide niiskusesisaldus ja õhu süsihappegaasi tase. Välisseinte külmad piirkonnad hakkavad niiskusega küllastuma ja nendes piirkondades hakkab kasvama hallitus. Õhu saastumise indikaatoriks on süsihappegaasi tase, mis terviselikus keskkonnas ei peaks olema üle 1000 ppm (0,1%).

Probleemide ennetamiseks tuleb akende uuendamisel renoveerida ka ventilatsioon kasvõi minimaalsel tasemel, mis säilitab loomuliku ventilatsiooni töövõime. Selleks tuleb paigaldada tuulutuspiludega aknad ja teha korda seintes paiknevad värskeõhu avad ning paigaldada sinna reguleeritavad klapiid ja soovitatavalt ka ventilaatorid.

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,26 1/h näitab, et hoone keskmine ventilatsioonitase on oluliselt alla normi ja millest tulenevalt on terves reas korterites halb sisekliima ja on tekkinud probleemid hallitusega.

Igal korteri köögil ja sanitaarsõlmel on oma ventilatsiooni väljatõmbekanal, mis avaneb katuse kohal. Maja köökidesse on planeeritud puuküttel pliigid, mida ka enamasti kortereid kasutab.

Pliitide põlemisõhu tagamiseks on köökide seintes värskeõhu avad. Aja jooksul on värskeõhu avad ummistunud või elanike poolt kinni ehitatud ja vähestes korterites on see tuulutuskanal töökorras. Korras ventilatsioonisüsteem võimaldab ka õhu sissepääsu piirata vastavalt

välis- ja sisetemperatuurile ja korteri kasutuskoormusele. Ventilatsioonisüsteemi renoveerimist tuleb alustada olemasoleva olukorra selgitamise, ventilatsioonikanalite uurimise ja kaardistamisega.

Tuleb kontrollida, kas värskeõhu sissevoolu kanalid on töökorras ning missuguses olukorras on väljatõmbekanalid ja kas korterid on ühendatud õige ventilatsioonikanaliga. Ventilatsioonikanalid võivad olla ummistunud ja neid tuleb perioodiliselt puhastada ning vajadusel ka tihendada.

Lihtsaimaks viisiks probleemi lahendada, on elanike teavitamine ja olulisel määral õhutamise intensiivistamine ka akende kaudu tubade tuulutamise teel. Samal ajal peab küttesüsteem tagama piisava võimsuse õhu soojendamiseks. Alakõrgetes korterites on peaaegu võimatu tagada

nõuetekohast ventilatsioonitaset.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamiseks peab eluruumide õhk vahetuma vähemalt üks kord kahe tunni jooksul ja sissepuhutava värsket õhu soojendamiseks vajatakse 20 MWh/a, mida on 10 MWh/a rohkem kui praegusel ajal eluruumide ventilatsiooni tagamiseks kulub.

Nõuetekohase ja tervisliku ja sisekliima tagab kontrollitav ja juhitav ventilatsioonisüsteem, milles õhu liikumist suunavad sissepuhke või väljatõmbe ventilaatorid vastavalt korteri kasutuskooormusele (elanike kohalolek). Kui inimesed ruumides ei viibi, võib õhuvahetuse taset oluliselt vähendada ja selle kaudu energiat kokku hoida.

Renoveerimismeetodi valikul tuleb arvestada olemasolevat olukorda ja võimalusi. Meetodi valikul on ka oluline, kas ventilatsiooni renoveerimine toimub korterite kaupa või terves hoones korraga. Esmajärjekorras tuleb renoveerimislahenduste valikul otsustada nende ulatuse ja taotletava taseme üle. Korterelamu renoveerimisel on soovitatav lähtuda terviklikkuse printsiibist. Hoone välispiirete soojapidavus ning kütte- ja ventilatsioonisüsteemi efektiivsus moodustavad ühtse terviku, mille toimimisest sõltub hoone kui eluruumi väärtus ja ülalpidamiskulud.

Nõuetekohase ja stabiilse ventilatsiooni tagamiseks suhteliselt väikeste algkuludega on kaks varianti: 1) paigaldatakse magamistubadesse ja elutuppa ventilaatoriga värsketõhuklapid. 2) paigaldatakse kööki pliidikubu ja sanitaarruumidesse väljatõmbe ventilaatorid, magamistubadesse ja elutuppa paigaldatakse värsketõhuklapid. Mõlema variandi puhul puhastatakse olemasolevad ehituslikud ventilatsioonikanalid ja vajadusel tihendatakse. Orienteeruv ehitusmaksumus on ca 120 € korteri kohta. Investeeringu summa on suurusjärgus 1400 € ja eesmärk on elamistingimuste parandamine.

Energia kokkuhoiu saavutamiseks ventilatsioonienergia arvelt, ilma sisekliima kvaliteeti kahjustamata, tuleb hoones välja ehitada uus nii sissepuhke, kui väljatõmbetrakti ja energiatagastusega ventilatsiooniagregaate sisaldav uus ventilatsioonisüsteem. Tervet maja hõlmava süsteemi väljaehitamine on tehniliselt keerukas (hoone konstruktsioonis ei ole arvestatud ventilatsioonitorustike laialivedamise vajadusega) ja kõrge maksumusega millised asjaolud muudavad antud investeeringu tänaste tehniliste lahenduste juures küsitavaks.

Korteri tasemel ventilatsiooniprobleemi lahendamiseks on saadaval korterisisesed lahendused, kus sissepuhutava värsket õhu soojendamine toimub väljuva saastunud õhu soojusenergia arvel. Niisuguste seadmetega võib kokku hoida kuni 80% normikohase ventilatsiooni tagamiseks vajalikust energiast. Kokkuhoiu eelduseks on rekonstrueeritud küttesüsteem, mille radiaatoritel on termostaatventiilid. Süsteemi autonoomsus võimaldab seadistada õhuvahetust vastavalt korteri vajadusele. Orienteeruv ehitusmaksumus on 1200-2400 € korteri kohta, sõltuvalt korteri suuruselt. Investeeringu eesmärk on elamistingimuste parandamine ja energiasääst.

3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

Tabel 11

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus		Energia- sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvus- aeg	Meetme eluiga
		EEK	EUR	MWh/a	EUR/a	Aasta	Aasta
Ventilatsioon-normikohane õhuvahetus	Seintesse värskeõhu klapid, vent-kanalite puhastamine	26 000	1 700	-10			20
Kokku		26 000	1 700	-10	-510	-3,3	
Tehnilised komplekslahendused							
Ventilatsiooni-süsteem	Energiatagastusega vent-agregaadid korteritesse	210 000	13 400	12	633	21	30

Välispiirete soojustamise järgselt on küttesüsteem vaja ümber häälestada vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Küttesüsteemi õige seadistamine on soojustustööde tulemusena energiasäästu saavutamise eelduseks.

3.6 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri kõige suuremaks tarbijaks on soojuskeskuse seadmed. Visuaalsel ülevaatusel ei tuvastatud elektrisüsteemis puudusi.

3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

Normaalse elutegevuse käigus tekib ja kasutatakse energia, mille allikaks on inimesed, kodumasinad, elektrivalgustus ja päikesekiirgus. Seda lisaenergiat nimetatakse vabasoojuseks ja selle energia kasutamine on sõltumatu välistemperatuurist.. Hoone energiakaod tasakaalutemperatuurist kuni ruumi siseõhu temperatuurini kaetakse vabasoojusega ja välist küttenergiat vajatakse alles siis, kui välisõhu keskmine temperatuur on langenud alla hoone tasakaalutemperatuuri. Vabaenergia katab hoone energiavajadusest seda suurema osa, mida paremini on hoone soojustatud. Tasakaalutemperatuur langeb peale hoone renoveerimist, mille kaudu tekitab täiendav energiasääst.

Hoone vabasoojuse arvutamisel on lähtutud järgmistest algandmetest:

Tabel 12

Köetav pind	508	m ²
Eluruumide pind	464	m ²
Elanike arv	23	
Inimese soojuseraldus	125	W
Kohaloleku profiil	0,6	

Kogu vabasoojus kujuneb järgmistest komponentidest (arvutatud kőetava pinna jaoks):

Tabel 13

	Hinnanguline vabasoojus			Mőõdetud vabasoojus		Vaba-soo- jus kokku	Vaba-soo- jus- koormus Φ_{VS} , kW
	Päikese eritootlikk	Päikese soojus	Inimeste soojus	Olme- elekt	Pliidigaas		
	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	
Jaanuar	0,8	0,4	1,3	2,0		3,6	4,9
Veebruar	1,7	0,9	1,2	1,8		3,8	5,7
Märts	4,4	2,2	1,3	2,2		5,7	7,7
Aprill	4,5	2,3	1,2	0,9		4,4	6,1
Mai	5,6	2,8	1,3	0,8		4,9	6,6
September	3,4	1,7	1,2	0,9		3,9	5,4
Oktoober	1,6	0,8	1,3	1,0		3,1	4,1
November	0,7	0,4	1,2	0,7		2,3	3,2
Detsember	0,3	0,2	1,3	1,5		2,9	3,9
Kokku	23,0	11,7	11,3	11,7		34,7	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						74,8	5,3

Kogu hoones genereeritud vabasoojuse kasutamise tase sõltub küttesüsteemi automatiseerituse astmest. Kuna vabasoojus ei eraldu ajalisel ja ruumiliselt ühtlaselt, peab küttesüsteem vabasoojuse efektiivseks ärakasutamiseks reageerima koheselt vabasoojuse eraldumisele ja samapalju antud ruumiosas vähendama majja antavat soojusenergiat.

Väljas asuva temperatuurianduriga automaatse soojussõlme kuid ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi korral on vabasoojuse kasutustegur 0,5. Kui radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid ja küttekulude individuaalne arvestus, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,7.

Tabel 14

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed		
			Pakett I	Pakett II	Pakett III
Arvutuslik vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	5,3	5,3	5,3	5,3
Vabasoojuse kasutustegur		0,7	0,7	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	3,7	3,7	3,7	3,7
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	0,98	0,37	0,37	0,37
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,26	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,11	0,21	0,21	0,09
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	1,09	0,59	0,59	0,46
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{VS} / H$	°C	3,4	6,3	6,3	8,1
Tasakaalutemperatuur, $t_B=21-\Delta t_{vs}$	°C	16	15	15	13

Hoone arvutuslikuks tasakaalutemperatuuriks praeguses olukorras on 17,6°C eeldusel, et maja kogu kőetava mahu keskmine temperatuur on 21°C. Kuna maja keskmine temperatuur on madalam, on võetud energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks 16°C.

4. Kokkuvõte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorrast ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest ja vajadusest tulenevalt on hoone kohta koostatud kolm säästumeetmete paketti. Paketid on koostatud silmas pidades rohelise investeerimisskeemi «Korterelamute rekonstrueerimise toetus» kasutamise tingimusi, mis on toodud majandus- ja kommunikatsiooniministri 17. augusti 2010. a määruses nr 52 (muudetud määrusega nr 68 21.09.2010). Pakettide koostamisel on lähtutud ka põhimõttest, et pakettis sisalduvad meetmed peavad toetama omavahel energiasäästu saavutamist.

4.1 Säästumeetmete paketid

Majas toimib korteripõhine küttekulude arvestus, mis on ühelt poolt tarbitud küttepuude koguse reguleerimine vastavalt keskmise välistemperatuuri muutumisele ja teiselt poolt elektriradiaatorite termostaatide seadmine optimaalse sisekliima tagamiseks. Termostaatidega elektriradiaatorite kasutamine täiendava kütteallikana võimaldab maksimaalselt vabasoojust ära kasutada. Kuna küttesüsteem vastab 25% toetuse nõuetele, siis on esimene pakett koostatud vastavuses selle taseme ülejäänud nõuetele.

Säästumeetmete pakett I – rekonstrueerimistoetuse määr 25% tööde maksumusest.

Soojustatakse välisseinad, pööningu vahelagi ja sokkel ning paigaldatakse uus katusekate. Samuti vahetatakse trepikoja ukSED ja aknad. Veel vahetamata korterite vanad aknad asendatakse uute ja paremini sooja pidavatega. Kõik aknad tõstetakse seina välispinda soojustuskihi sisse. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid.

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 17 °C. Energiasääst on 50%.

Tabel 15

t_B = 15 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus		Energia sääst	Säästu väärnus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EEK	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	100 000	6 400				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	270 000	17 300				30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	90 000	5 800				30
Trepikoja ukSED/aknad	Soojustatud ukSED, pakettaknad.	90 000	5 800				30
I korruse põrand	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	90 000	5 800				30
Pööningu vahelagi	Uus katusekate ja lisasoojustus 300 mm	200 000	12 800				30
Ventilatsioon- normikohane õhuvahetus	Seintesse värskõhu klapid, vent-kanalite puhastamine	26 000	1 700				20
Kokku		866 000	55 600	50	2 679	21	

Säästumeetmete pakett II – rekonstrueerimistoetuse määr 35% tööde maksumusest.

Soojustatakse välisseinad, pööningu vahelagi ja sokkel ning paigaldatakse uus katusekate. Samuti vahetatakse trepikoja ukсед ja aknad. Veel vahetamata korterite vanad aknad asendatakse uute ja paremini sooja pidavatega. Kõik aknad tõstetakse seina välispinda soojustuskihi sisse. Värskeõhu klappide asemel paigaldatakse eluruumide seintesse soojustagastiga ventilatsiooniagregaadid.

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 13 °C. Energiasääst on 66%

Tabel 16

t_B= 13 °C	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumus		Energia sääst	Säästu väärtus	Lihtasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EEK	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	100 000	6 400				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	270 000	17 300				30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	90 000	5 800				30
Trepikoja ukсед/aknad	Soojustatud ukсед, pakettaknad.	90 000	5 800				30
I korruse põrand	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	90 000	5 800				30
Pööningu vahelagi	Uus katusekate ja lisasoojustus 300 mm	200 000	12 800				30
Ventilatsiooni- süsteem	Energiatagastusega vent-agregaadid korteritesse	210 000	13 400				30
Kokku		1 050 000	67 300	67	3 569	19	

4.2 Säästumeetmete pakettide majanduslik mõju

Hoone suuremahuliste rekonstrueerimistööde planeerimisel tekkib alati küsimus „Kuidas mõjutab see elanike maksekoormust?“ Kas koguda raha ja teha töid oma vahenditega samm- haaval või võtta pangalaenu ja teha maja ühe korraga korda?

„Riiklik struktuurivahendite kasutamise strateegia 2007-2013” ja sellest tuleneva

„Elukeskkonna arendamise rakenduskava” meede „Korterelamute renoveerimislaen” võimaldab korteriühistutel pärast energiaauditi läbiviimist taotleda madala intressiga sooduslaenu, et hoone energiasäästu võimalused läbi hoone tervikliku renoveerimise ellu viia. Lisaks sooduslaenule on Eesti riigil tekkinud võimalus korterelamute toetamiseks läbi rohelise investeerimisskeemi «Korterelamute rekonstrueerimise toetus». Rekonstrueerimistoetuse suurus sõltub hoone rekonstrueerimisel saavutatavast energiasäästust ja võib olla 15%, 25% või isegi 35% rekonstrueerimistööde maksumusest. Tänu rekonstrueerimistoetusele on võimalik hoonete ulatuslikule kordategemisele asuda ka korteriühistutel, kellel puuduvad rahalised reservid. Allpool toodud tabel annab ülevaate korteriühistu maksekoormuse muutumisest pärast hoone rekonstrueerimist auditis soovitud erinevate pakettide korral.

Arvutuste aluseks on võetud energiaauditi tulemused ja sooduslaenu fikseeritud intress 4% tasemel. Soojusenergia kallinemise prognoosi ei ole arvesse võetud, samuti ei ole arvestatud korteriühistu omafinantseeringu võimalust, mis mõlemad vähendavad rekonstrueerimisjärgset maksekoormust.

Tabel 17

Praeguses olukorras normaalaasta soojusenergia kulu küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	101	
Soojusenergia hind	€/MWh	53,37	
Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	5 370	
Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	11,57	
Rekonstrueerimistööde pakett		Pakett I	Pakett II
Hinnanguline investeeeringumaht	EUR	55 600	67 300
Rekonstrueerimistoetus		25%	35%
Omafinantseering pangalaenuga	EUR	41 700	43 745
Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	5 067	5 315
Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	10,91	11,45
Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	3 032	3 181
Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	6,53	6,85
Pärast rekonstrueerimist normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	50	34
Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	2 691	1 800
Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	5,80	3,88
Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 10 a laenuga	€/a	7 758	7 115
Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	16,71	15,32
Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 20 a laenuga	€/a	5 723	4 981
Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	12,33	10,73
Maksekoormuse muutus 10 a laenuga	€/m²a	5,14	5,76
Maksekoormuse muutus 20 a laenuga	€/m²a	0,76	-0,84

Tänu kõrgele toetusemäärale ja suurele energiasäästule langevad elanike reaalsed eluasemekulud kõige rohkem pärast suuremamahulise energiasäästupaketi II realiseerimist, kui võetakse pikemaajaline laen. Pikem laenuperiood võimaldab alandada maksekoormust, kuid tõstab seejuures laenuraha hinda.

NB! Auditis toodud investeeringute maht on hinnanguline. Seepärast tuleb tervikliku rekonstrueerimisprojekti alusel võtta tööde hinnapakumised ehitajatelt ning laenupakkumine pangalt, siis saab teha reaalse tasuvusarvutuse enne lõpliku otsuse langetamist.

4.3 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Vara vallas Koosa 1 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast soojusenergiakasutust 101 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 34 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 67 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 19 aastat.

5. Kasutatud allikad

1. Energiaauditite miinimumnõuded – KredEx (<http://www.kredex.ee/11314>)
2. EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded
3. EVS-EN ISO 6946:2004 Hoonete komponendid ja hoonekonstruktsioonid. Arvutusmeetod
4. Eesti Kraadpäevad - Kredex (<http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>)
5. Eesti eluasemefondi suurpaneel-korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2009 (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
6. Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2010 (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)

7. Lisad

6.1. Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L 1

Mõõtesead	Tüüp	Täpsus	Töövahemik
Termokaamera	FLIR B335	Temp $\pm 1^{\circ}\text{C}$ eraldusvõime $0,05^{\circ}\text{C}$	$-20 - +120^{\circ}\text{C}$
Sisekliimatester	TES 1370 NDIR CO ₂ Meter	RH $\pm 1\%$; Temp $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ CO ₂ 2,75%+75ppm	10-90% RH Temp -20- +60 CO ₂ 0-5000ppm

Termokaamera abil viidi läbi hoone välispiirete ja küttesüsteemi termograafiline ülevaatus. Sisekliimatestri abil on pisteliselt kontrollitud hoone siseõhu parameetrid erinevates korterites.

6.2. Küttematerjali tarbimisandmed

Tabel L 2

Küttepuud-tarbitud kogus		
RuumiMeeter	2008	2009
Kokku	95,0	108,0

6.3. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

m ³	Kogu tarbevesi	
	2008	2009
Jaanuar	28	28
Veebruar	36	26
Märts	34	32
Aprill	47	34
Mai	35	40
Juuni	50	38
Juuli	35	33
August	38	34
September	39	30
Oktoober	36	32
November	32	30
Detsember	31	82
Kokku	441	439

6.4. Soojavee tarbimisandmed

Tabel L 4

m ³	Tsentraalne soe vesi -puudub
----------------	------------------------------

6.5. Elektrienergia tarbimisandmed

EE teatis 2836/16.12.2010

Tabel L 5

Elekter	Korterite kogutarbimine		
kWh	2007	2008	2009
Jaanuar	2526	4198	3674
Veebruar	4953	4010	3441
Märts	2763	5747	3144
Aprill	2232	2520	2175
Mai	2146	2332	2012
Juuni	2087	2158	2076
Juuli	2019	2111	5143
August	2698	1688	2523
8 86	1630	2319	2323
Oktoober	2468	2217	2596
November	3456	1210	2503
Detsember	3848	3534	3884
Kokku	32826	34044	35494

6.6. Tarbegaasi tarbimisandmed

Tabel L 7

m3	Tarbegaas	Ei tarbita
----	-----------	------------

6.7. Termograafilise ülevaatuse fotod ja aruanne