

Tellija: **KÜ Hariduse 1**
Tellija kontaktisik: **Liina Karlson**
Aadress: **Nõo, Hariduse 1 - 5**
Tel.: **55 575 716**
E-post: **liinakarlson@hotmail.com**



ENERGIAAUDIT

Töö nr TA-12-05



Nõo alevik, Hariduse tn 1
8-korteriga elamu

Auditeerimise aeg:	19.01.2012.a.
Aruanne esitatud:	28.02.2012.a.
Auditeerija ettevõtte:	TERMOPILT TARTU OÜ
Aadress:	Riia 24a, Tartu
Reg. Nr.	11755907
MTR registreering	EHA000064
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 üldiseloostus.....	6
2.5 Soojusenergia kulu	7
2.6 Elektrienergia kulu	9
2.7 Vee kulu	10
2.8 Hoone soojusbilanss	10
2.9 Eluruumide sisekliima	12
2.9.1 Nõuded eluruumide sisekliimale	12
2.9.2 Sisekliima mõõtmise tulemused	13
2.10 Korterite sisekliima ankeet.....	13
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus.....	15
3.1 Hoone piirdetarindid.....	15
3.1.1 Pööningu vahelagi ja katus.....	16
3.1.2 Välisseinad	16
3.1.3 Sokkel.....	17
3.1.4 Välisüksed ja trepikoja aknad.....	17
3.1.5 Aknad	17
3.2 Hoone tehnosüsteemid	19
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	20
3.4 Ventilatsioonisüsteem	20
3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus.....	23
3.6 Elektriseadmed	23
3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	23
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	26
4.1 Säästumeetmete paketid	27
4.2 Säästumeetmete pakettide mõju maksekoormusele	30
4.3 Kokkuvõte	31
5. Kasutatud allikad.....	31
6. Kasutatud mõõteseadmed.....	31
7. Lisad.....	32
7.1. Soojusenergia tarbimisandmed.....	32
7.2. Tarbevee tarbimisandmed	32
7.3. Soojavee tarbimisandmed.....	32
7.4. Elektrienergia tarbimisandmed.....	33
7.5. Termograafilise ülevaate aruanne ja fotod.....	33

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Nõo alevikus 2-korruselise 8 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 juhatusel kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid ja vastavaid rahalisi kulutusi aastatel 2008-2010. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud jaanuaris 2012 hoone ülevaatus ja välispiirete termopildistamine.

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 soojustarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektriboileritega. 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.

Loodetud energiasäästu saavutamiseks on vaja koos hoone välispiirete rekonstrueerimisega ette võtta küttesüsteemide ümberseadistamise.

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit korteriühistu esindajana pr Liina Karlson

Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad ja kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga 20%. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud AS Termox teeninduspiirkonnas kehtestatud soojusenergia hinnast 103,11 €/MWh (1613,32 kr/MWh).

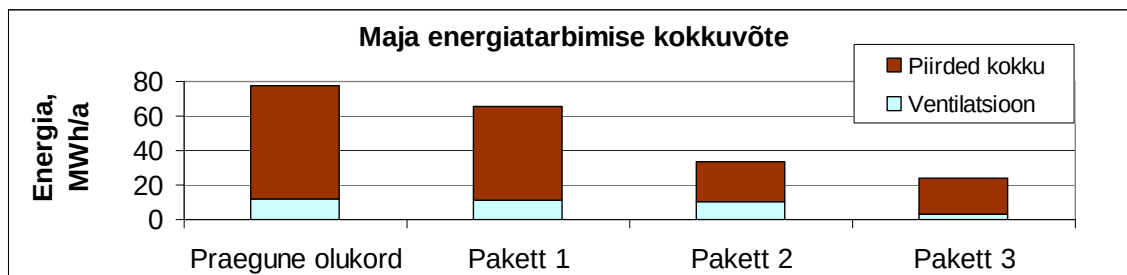
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi läbiviimise tulemustest. Soojusenergia keskmine kogukulu aastal 2009-2010 on mõõdetud 78 MWh/a.

Normaalaastale taandatud kahe viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 77 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 337 m² (ainult eluruumid) on normaalaasta keskmine kogu soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule 230 kWh/m². Elektrienergiat on tarbitud kokku 17 MWh/a. Kaalutud energiaeritarbimine on 291 kWh/m²a, energiatarbimise klass-F.

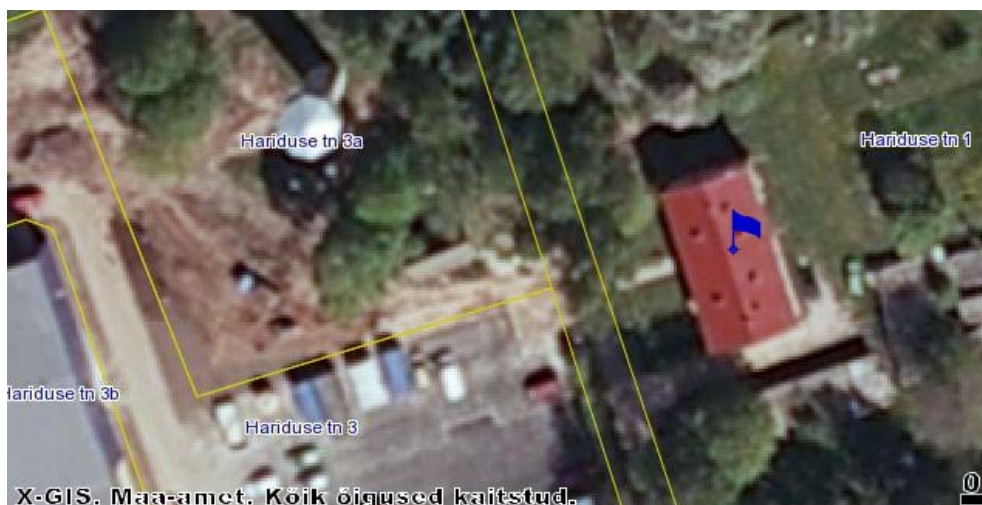
Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud kolm säästumeetmete paketti, mille abil on võimalik soojusenergia kulu tehniliselt alandada ning lisaväärtuseks on inimeste heaolu tõus tänu paranenud sisekliimale. Säästupaketid (p.4.1) on esitatud põhjusel, et teatud meetmetel on omavaheline koosmõju. Säästupakettide energiasääst on arvutatud käesoleva olukorra suhtes.

- Esimene pakett – minimaalselt vajalikud tööd elamistingimuste ja sisekliima parandamiseks. Soojustatakse pööningu vahelagi ja sokkel. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Küttesüsteemi püstikutele paigaldatakse liinisedeventiilid ja radiaatoritele termostaatventiilid ja süsteem tasakaalustatakse projekti alusel. Koos sokli soojustamisega ehitatakse välja sadevete ärajuhtimise süsteem ja planeeritakse pinnas kaldega majas eemale. Investeering on ca. 15 tuh eurot ja energiasääst on 12 MWh ehk 16%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 192 kWh/m². Kaalutud energiaeritarbimine on 249 kWh/m²a. Energiatarbimise klass – E.
- Teine pakett. Soojustatakse pööningu vahelagi, välisseinad ja sokkel. Koos sokli soojustamisega ehitatakse välja sadevete ärajuhtimise süsteem ja planeeritakse pinnas kaldega majas eemale. Kõik veel vahetamata aknad vahetatakse 3-klaasiga pakettakende vastu ja aknad tuuakse seina välispinnale soojustuskihi sisse (ka varem vahetatud aknad). Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt paketi I. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine. Investeering on ca 44 tuh eurot ning aastane sääst on 44 MWh/a ehk 57%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 99 kWh/m²a. Kaalutud energiaeritarbimine on 164 kWh/m²a. Energiatarbimise klass -D.
- Kolmas pakett. Hoone täielik energeetiline saneerimine ja tehnosüsteemide rekonstrueerimine. Soojustatakse pööningu vahelagi, välisseinad ja sokkel. Koos sokli soojustamisega ehitatakse välja sadevete ärajuhtimise süsteem ja planeeritakse pinnas kaldega majas eemale. Kõik veel vahetamata aknad vahetatakse 3-klaasiga pakettakende vastu ja aknad tuuakse seina välispinnale soojustuskihi sisse (ka varem vahetatud aknad). Värskõhu klappide asemel paigaldatakse seintesse energiatagastusega individuaalsed ventilatsiooniagregaadid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt paketi I. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine. Investeering on ca 52 tuh eurot ja aastane energiasääst on 53 MWh/a ehk 69%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 71 kWh/m². Kaalutud energiaeritarbimine on 139 kWh/m²a. Energiatarbimise klass-C.



2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

2.1 Hoone asukoht ja paiknemine



Hoone paikneb tiheasustusalal Nõo alevikus.

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	Tartu maakond, Nõo vald, Nõo alevik, Hariduse tn 1
EHR kood:	104033976
Ehitusaasta:	1962
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	247
Suletud netopind (EHR), m ² :	445,5
Minimaalne korruste arv:	2
Maksimaalne korruste arv:	2
Hoone maht (EHR), m ³ :	1920
Kõetav pind, m ² :	337
Eluruumide pind (EHR), m ² :	336,7
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	
Ruumide kõetav sisekubatuur, m ³ :	842
Kortrite arv:	8
Tubade arv:	23
Elanike arv:	10
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

Keldrikorrusel asuvaid küttetorustike poolt soojendatud ruume ei ole hoone kõetava pinna hulka arvestatud. Trepikojad on ilma kütteta.

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Puitakende vahetamine pakettakende vastu. Uusi aknaid on 86% akende pindalast
2001	Uus katusekate

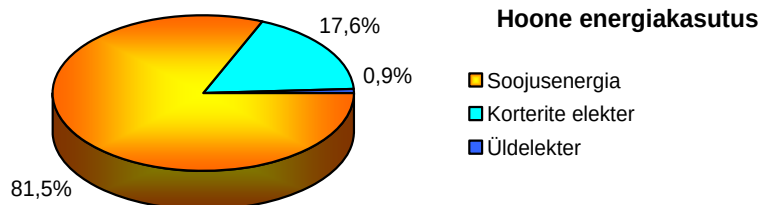
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloostus

Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	Termox AS
Põhiline kütteviis:	Kaugküte
Kasutatav kütus:	Kütteõli
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Kahetorusüsteem.
Kütte automaatika	Välistemperatuuri anduriga kütteautomaatika.
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Pollustat E
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	Puudub
Tarbevee tarnija:	Emajõe Veevärk AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalne asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Tsentraalne, juhitakse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Korterites elektriboileritega
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs ventilatsiooniavade ja akende/uste ebatiheduste kaudu, väljatõmme ventilatsiooni-lõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pinge:	3x400 V
Liitumispunkti peakaitse:	100 A

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

Joonis 1



Kokku on majas tarbitud erinevatest allikatest 96 MWh/a energiat.

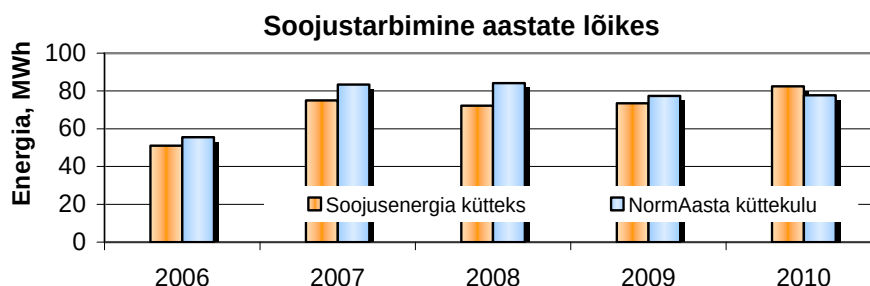
2.5 Soojusenergia kulu

Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2006	2007	2008	2009	2010	Ühik
Soojusenergia tarbimine	51	75	72	74	82	MWh/a
Elektrienergia kütteks						MWh/a
Soojustarbimine kütteks	51	75	72	74	82	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	2 Tartu					
Kraadpäevade arv	4256	4165	3973	4399	4912	°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	4629					°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	56	83	84	77	78	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	826	911	1228	1104	1106	Kr/MWh
Kulutused soojusele	42159	68392	88673	81154	91181	Kr/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	165	248	250	230	231	kWh/m ²
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	165	248	250	230	231	kWh/m ²

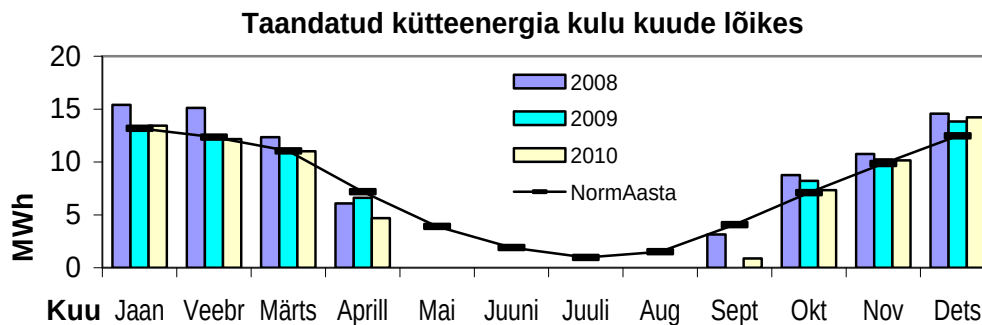
Soojusenergia tarbimise graafikud

Joonis 2



Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju kütteenergia tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud keskmise nn NormAasta soojustarbimise tasemele. Soojusenergia tarbimine on aastate lõikes kõikunud vastavalt kütteperioodi keskmisele temperatuurile. Normaalaastale taandatud küttekulu on viimastel aastatel püsinud ühel tasemel.

Joonis 3

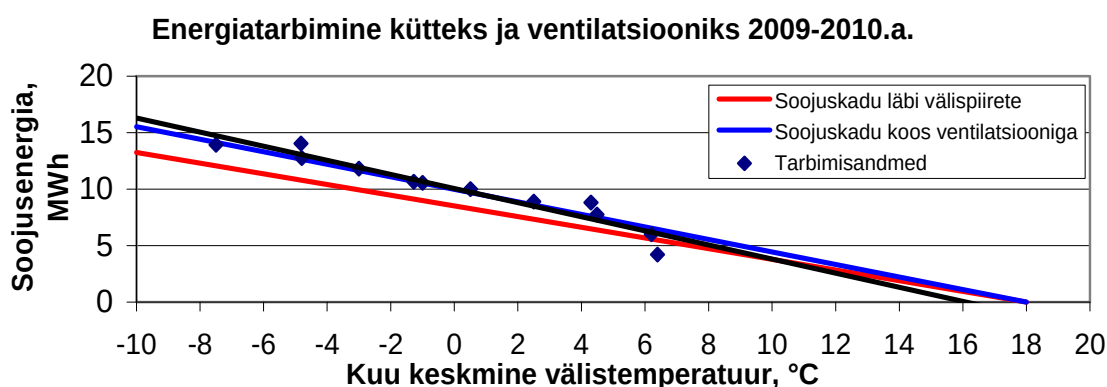


Joonisel 3 markerib NormAasta kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. NormAasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist.

Soojusenergia tarbimise kõikumised kuude lõikes ei ole suured, soojussõlme automaatika häälestus vastab maja soojustarbimise vajadusele üsna hästi. Viimastel aastatel on alustatud kütmist hilinemisega. Välisõhu kõrge niiskusetase sügisel ja kütmata ruumide suhteliselt madal temperatuur soodustavad välisseinte külmade piirkondade küllastumist niiskusega ja hallituse tekkimist. Juba kasvama hakanud hallitusest on väga raske lahti saada. Kütmise algusega viivitamine ei anna tegelikult energiasäästu, sest niiskunud konstruktsioonide suuremad soojakaod võivad ületada kütmise viivitamisega saadava kokkuhoiu. Hoone välisseinte kuivana hoidmiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt kui välistemperatuur seda eeldab. Kuivad välisseinad on parima soojapidavusega. Seevastu kevadkuudel (aprill, mai), kui päikese vabasoojus küttele olulist lisa annab (vt vabasoojuse arvutust p.3.7) on soovitatav energiasäästule enam panustada.

Kütteautomaatika seadistust iseloomustab tarbimisandmete sõltuvus välistemperatuurist.

Joonis 4



Tarbimispunktide hajumine on suhteliselt väike ja majasse antava soojusenergia keskmine kogus on kooskõlas välistemperatuuri muutustega.

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kahe aasta keskmist normaalaastale teisendatud energiavajadust 77 MWh/aastas.

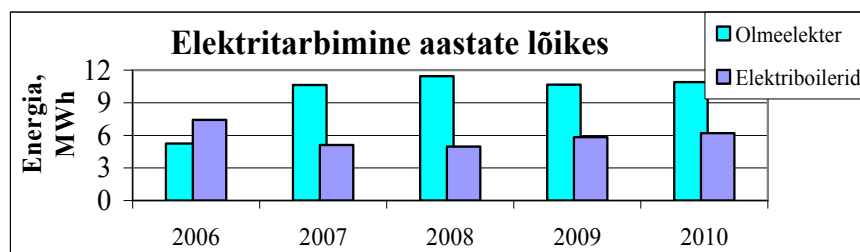
2.6 Elektrienergia kulu

Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2006	2007	2008	2009	2010	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)						
Elektrienergia tarbimine	0,7	0,8	1,0	0,9	0,9	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	2,2	2,4	3,0	2,8	2,5	kWh/(m ² a)
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	2,2	2,4	3,0	2,8	2,5	kWh/(m ² a)
Elektrienergia maksumus						kr/a
Elektrienergia tarbimine (korterid)						
Elektrienergia tarbimine	12,7	15,7	16,4	16,5	17,1	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks	7,4	5,1	5,0	5,8	6,2	MWh/a
Elektrienergia kütteks						MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	5,2	10,6	11,4	10,7	10,9	MWh/a
Elektri eritarbimine köetava pinna kohta	37,6	46,8	48,7	49,0	50,8	kWh/(m ² a)
Elektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	37,6	46,8	48,7	49,0	50,8	kWh/(m ² a)
Elektrienergia maksumus						kr/a

Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta on normi kohaselt 40 kWh/(m²*a), kui toiduvalmistamiseks kasutatakse elektripliite. Normikohane energiakulu sooja vee valmistamiseks on 50 kWh/(m²*a). Antud majas on valdavalt elektripliidid ja elektriboilerid, kuid summaarne tarbimine on alla selle normi.

Joonis 5

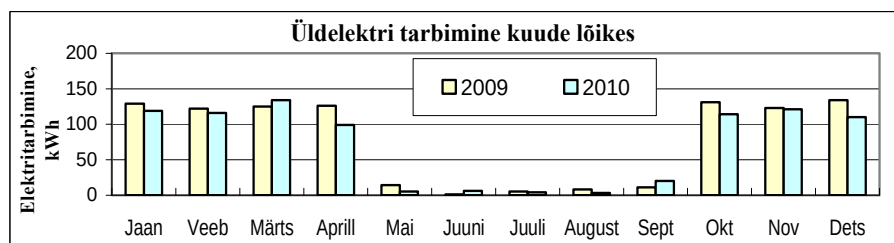


Elektriboileritega valmistatud sooja vee kogus ja vastav energiatarbimine on hinnanguliselt 35% kogu vee tarbimisest, lähtudes elektri- ja veetarbimise mahust.

Olmeelektri tarbimine on viimastel aastatel püsinud ühel tasemel. Olmeelektri kõige suurem säästuvõimalus on seadmete täielik väljalülitamine kui neid ei kasutata. See kehtib nii valgustite, olmeelektronika kui ka telefonilaadijate kohta. 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.

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest 5% ja 90% sellest on soojuskeskuse seadmete tarbimine. Ülejäänud on seotud trepikodade ja keldri valgustusega.

Joonis 6



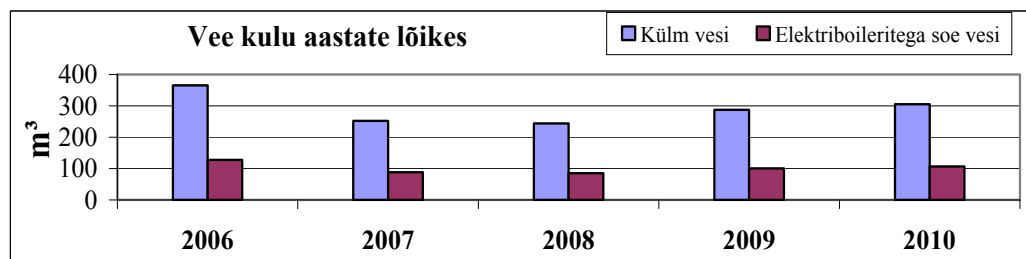
2.7 Vee kulu

Tabel 6

Tarbevee kulu	2006	2007	2008	2009	2010	Ühik
Tarbevesi (külm)	365	252	244	287	305	m³/a
-erikulu köetava pinna kohta	1,08	0,75	0,72	0,85	0,91	m³/(m² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	1,08	0,75	0,72	0,85	0,91	m³/(m² a)
Vee eest tasutud	6479	5318	6020	7924	9586	Kr/a
Soe tarbevesi (elektri boilerid)	128	88	85	100	107	m³/a
-erikulu köetava pinna kohta	0,38	0,26	0,25	0,30	0,32	m³/(m² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,38	0,26	0,25	0,30	0,32	m³/(m² a)
Elektri kulu vee soojendamiseks	7,4	5,1	5,0	5,8	6,2	MWh/a
Soojusenergia vee soojendamiseks						MWh/a

Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektri boilerite abil ja sooja vee koguseid ei mõõdata.

Joonis 7



Tsentraalse sooja vee tarbimine moodustab kortermajades keskmiselt 40% kogu veetarbimise mahust. Elektri- ja veetarbimise mahu alusel on sooja vee osakaaluks antud majas hinnatud 35%. Sooja tarbevee arvestuslik erikulu inimese kohta on 45 l/pers*päev, mille kohaselt maja soojavee tarbimine peaks olema 164 m³/a. Tegelik tarbimine on 63% sellest kogusest ja sõltub ilmselt elanike tarbimisharjumusest, leibkondade koosseisust ja vanuselisest struktuurist.

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 kululiikide alusel järgmine:

$$Q_{\text{kogukulu (arvesti järgi)}} = Q_{\text{välispiirded}} + Q_{\text{õhuvahetus}} + Q_{\text{soe vesi}}$$

Soojakadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 18°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Tartu piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone soojusbilanss on esitatud tabeli kujul (Tabel 8).

Hoone jahtumine läbi välispiirete on proportsionaalne piirde soojusjuhtivuse ja piirde pindala korrutisega. Summaarne soojuskadu on soojuskadude summa üle kõikide välispiirete korrutatud kütteperioodi kraadpäevade arvuga (S_k)

$$Q_{\text{välispiirded}} = S_k \sum A_i \cdot U_i$$

Iga välispiirde osa jahtumises ja kogu soojusenergia kadu läbi praeguses olukorras välispiirete on toodud alljärgnevas tabelis

Tabel 7

Piirde nimetus	Pindala, A_i	Soojusjuhtivus, U_i	Erisoojus- kadu, H_{vp}	Soojuskadu aastas, Q
	m^2	$W/m^2 K$	W/K	MWh
Külgseinad	191	0,90	172	17
Otsaseinad	109	0,90	98	10
Pööningu vahelagi	220	0,50	110	11
Aknad uued	56	1,40	79	8
Aknad vanad	9	2,50	23	2
Trepikoja aknad/uksed	9	1,60	14	1
I korruse põrand	207	0,49	101	10
Aknaava perimeeter	172	0,35	60	6
Kokku			657	66

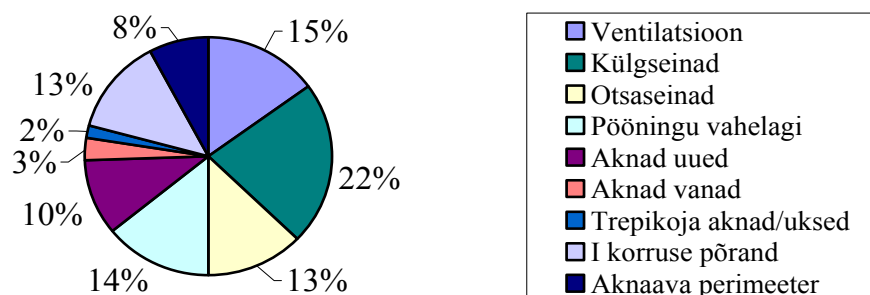
Lähtuvalt hoone köetavast mahust on normikohase õhuvahetuse korral (õhuvahetuse kordarv $n=0,5$ 1/h) värske õhu vajadus 421 m³/h ja erisoojuskadu õhuvahetusele on 142 W/°C. Aastane energiavajadus ventilatsiooni tagamiseks on sellisel juhul 14 MWh/a. Tegelik energiakulu ventilatsioonile, hoone praeguses olukorras, erineb sellest väärtusest vastavalt reaalselt toimuvale õhuvahetusele ja on toodud soojusbilansi tabelis allpool.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse, MWh/a	Energia välja, MWh/a	Osakaal
Möödetud soojusenergia tarbimine - Q_{kogukulu}	78		
Soojusenergia tarbitud soojas vees - $Q_{\text{soe vesi}}$			
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete - $Q_{\text{välispiirded}}$		66	85%
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks - $Q_{\text{õhuvahetus}}$		12	15%
Kokku	78	78	
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,41		
Tasakaalutemperatuur, °C	18		

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

Joonis 8



2.9 Eluruumide sisekliima

2.9.1 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 ruumide CO₂ maksimaalset mahukontsentratsiooni. 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. Hallitusseente eosed põhjustavad hingamisteede haiguseid.

2.9.2 Sisekliima mõõtmise tulemused

Maja ülevaatuse ajal 19.01.2012 mõõdeti korterite sisekliimat iseloomustavaid parameetreid:

Parameeter	Korter 5	Korter 6	Korter 8	Korter 7	Korter 1	Korter 3
Sisetemperatuur, °C	19,4	19,8	20,5	21,8	21,7	22,4
Suhteline niiskus, %	44	41	40	38	33	39
CO ₂ tase, ppm	1500	1360	1280	1150	820	1550
Õhu liikumiskiirus vent-avas, m/s:						
WC, vannituba	sissepuhe	0,2	1,7	Vanad	Ava	
köök	Kubu	Kubu		aknad	kinni	0,3

Korterite erinevate ruumide õhutemperatuur jäi valdavalt vahemikku 19 - 22°C, mis vastab soojusliku mugavuse klaas C 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. Kahes korteris on süsihappegaasi tase soovituslikku ülempiiri 1500 ppm lähedal, teistes korterites on see normi piires.

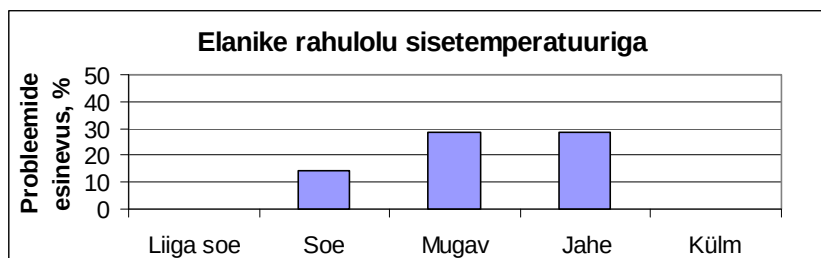
Õhuniiskuse tase oli 33%-44%, mis vastab soovituslikule tasemele.

Selleks, et tagada eluruumide normikohane ventilatsioonitase, mis on ruumiõhu vahetumine üks kord kahe tunni jooksul, peab õhu liikumiskiirus väljatõmbe ventilatsioonivahetades (avad köögis ja vannitoas) olema ligikaudu 1 m/s. Sellele kriteeriumile vastas väljatõmme 1 ventilatsioonivas, ventilatsioonivahetades ei taga piisavat õhuvahetust loomuliku ventilatsiooni teel ja seda kompenseeritakse paremal juhul tubade tuulutamisega akende kaudu.

2.10 Korterite sisekliima ankeet

Korterite sisekliima ankeedi täitis 7 korterit, mis on 88% korterite üldarvust. Kahjuks on ankeedid täidetud osaliselt. Alljärgnev kokkuvõte annab ülevaate maja olukorrast täidetud ankeetide alusel.

1. Korterite siseõhu temperatuuriga rahuolu iseloomustab allolev diagramm



- Elanike hinnang korteri sisetemperatuurile näitab, et maja köetakse elanike rahulolu piiri peal. Külm ei ole ükski korter. Korterite keskmine temperatuur on 20,1°C, mis on madalam kui meie kliimas soovitatav talvine eluruumide temperatuuri 21-22°C.
- Majas on kahetorusüsteem ja radiaatoritel puuduvad regulaatorventiilid. Küttesüsteem ei eole tasakaalus ja korterid on ebaühtlaselt köetud.
 - Suur erinevus on ülemise ja alumise korruse korterite vahel, kus keskmine temperatuur on vastavalt 19,1°C ja 21,3°C. Ülemise korruse soojakaod on suuremad tingituna pööningu vahelae suurest soojusjuhtivusest.
 - Korterite temperatuur on kõikuv ja 43% elanikest tundis puudust kütte reguleerimise võimalusest.
 - Ebaühtlasest kütmisest tingituna kasutab 57% korteritest mõnikord lisakütet.
 - Majas on loomuliku väljatõmbega ventilatsioonisüsteem ja värske õhu sissevoolu pidi tagama uste ja akende ebatihedus ning köökide seintes on värskeõhu avad. Ventilatsiooni väljatõmbeavad asuvad köögis, WC-s ja vannitoas. Ventilatsioonitingimustega on rahul enamus korteritest ja korterites ei ole tekkinud probleeme hallitusega.
 - Maja ülevaatuse ajal teostatud ventilatsiooni mõõtmised näitasid, et ventilatsioonisüsteem ei tööta rahuldavalt. Rahuldav süsihappegaasi tase tagatakse tõenäoliselt tänu ventilatsiooniavadele (kuigi osaliselt suletud) ja õhutamisele akende kaudu ning ka infiltratsioonile läbi konstruktsioonide ebatiheduste. Maja välisseinte soojustamise korral on ventilatsioonisüsteemi korrastamine hädavajalik.
 - Kõik vanad aknad on vahetanud uute vastu 86% korteritest.
 - Välisseinu on seestpoolt soojustatud 4 korteris. Tellisseinte seestpoolt soojustamine muudab välisseina sisepinna soojustuse taga oluliselt külmemaks ja sinna hakkab niiskus kondenseeruma. Hallituse ja seente kasvamiseks tekib soodus keskkond, kuigi seda ei pruugi soojustuse taga näha. Kuigi seestpoolt soojutamine likvideerib „külma õhkava“ seinapinna, on see majale ja elanike tervisele pikas perspektiivis ohtlik tegevus. Pärast välisseinte soojustamist on soovitatav seepidine soojustus kõrvaldada ja seinad desinfitseerida.

Sisekliima ankeedi tulemused näitavad vajadust hoone kütte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimiseks, et tagada elanikele tervislik ja mugav sisekliima optimaalsete küttekulude juures. Parima tulemuse annab hoone kompleksne rekonstrueerimine, kus vähendatakse ka välispiirete soojakadusid.

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

3.1 Hoone piirdetarindid

Tabel 9

Praegune olukord					Tehnilised parendusvõimalused 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		973		66			26	40	554000	35 400	9
Pööningu vahelagi	R/b paneel, ehitusaegne soojustus, katusekate uus	220	0,50	11	Pööningu vahelae lisasoojustus 300 mm	0,11	2	9	47 000	3 000	3
Aknaava perimeeter	Joonkülmasild ümber akna	172	0,35	6	Aknad seina välispinda soojustuse sisse	0,03	1	6	47 000	3 000	5
Aknad vanad	14% ehitusaegsed aknad, osaliselt amortiseerunud	9	2,50	2	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	1	1	22 000	1 400	10
Otsaseinad	Silikaattellistest müürid	109	0,90	10	Lisasoojustus 150 mm	0,21	2	8	131 000	8 400	11
Külgeinad	Silikaattellistest müürid	191	0,90	17	Lisasoojustus 150 mm	0,21	4	13	229 000	14 600	11
I korruse põrand	Jahtumine läbi keldri piirete	207	0,49	10	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	0,33	7	3	78 000	5 000	15
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	56	1,40	8	Tarindit ei renoveerita	1,40	8				
Trepikoja aknad/uksed	Pakettaken, puituksed	9	1,60	1	Tarindit ei renoveerita	1,60	1				

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

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

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 $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,
- 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 ja katus

Hoonel on viilkatus ja pööningu vahelael on ehitusaegne soojustus. Katusekate on uuendatud ja korras. Vahelaekeskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt praeguses olukorras $U \sim 0,65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, mis on suurem kui MKMm 52 soovitab. Ülemiste korruste korterid on jahedad läbi lae toimuvate soojakadude tõttu. Normikohase soojapidavuse saavutamiseks on soovitav pööningu põrandale paigaldada täiendavalt vähemalt 300 mm paksune soojustuskiht (puistevill või analoogiline soojustusmaterjal). Koos pööningu vahelaega on oluline soojustada parapeti pööningupoolne külg ja parapett pealt, et isoleerida sein-laek liites asuvad konstruktiivsed külmasillad. Arvutuslik energiasääst on 9 MWh ja tööde lihttasuvusaeg on 3 aastat. Soojustusmaterjali kinnitallamise vältimiseks on vajalik ehitada pööningule käiguteed.

3.1.2 Välisseinad

Maja välisseinad on laotud silikaattellistest kahekihilise müüritisena. Kivikihtide vahel on mineraalvatist soojustus, mis on aja jooksul ära vajunud või on lohakalt paigaldatud. Müüritise sees on sideread, kus on soojusjuhtivus suurem. Kõikides välisseintes on aknad, seetõttu ei ole otstarbekas otsaseinte soojustamist eraldi käsitleda (kui aknad tõstetakse seinavälispinda soojustuse sisse, siis on otsaseinte soovitav soojustuskihi paksus 200 mm). Hoone välisseinte keskmiseks soojusjuhtivuseks on hinnatud $U \sim 0,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (osa seinu on seestpoolt soojustatud), mis on suurem kui MKMm 52 soovitab. Välisseinte nõuetekohase soojapidavuse saavutamiseks tuleks seintele paigaldada 150 mm paksune soojustuskiht (soojustusmaterjali erisoojusjuhtivus $\lambda \leq 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$). Sellisel moel teostatud soojustustööde tulemusena on välisseinte uus soojusjuhtivus $U = 0,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Välisseinte soojustamisel saadav energiasääst on 21 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 11 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 $U=0,49 \text{ W/m}^2\text{C}$. 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 sokli konstruktsioonist 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 $U=0,33 \text{ W/m}^2\text{C}$ ja arvutuslik energiasääst on 3 MWh/a, tööde lihttasuvusaeg on 15 aastat. Tasuvusajast olulisem on esimese korruse põranda välisäärt soojaks muutumine, mis likvideerib hallituse tekkimise ohu ja loob mugavamad elamistingimused.

Katusekate on uus, kuid sadevete ärajuhtimise süsteem on jäetud välja ehitamata. Räästast langev vesi pritsib märjaks sokli ja valgub vundamendi alla. Kelder on liigniiske ja seal tekkinud probleemid hallitusega. Uued keldriaknad õhutihedad ja keldri ventilatsioon on puudulik. Hoone rekonstrueerimise käigus on oluline välja ehitada sadevete ärajuhtimise süsteem, planeerida pinnas kaldega majast eemale ja teha korda keldri ventilatsioon, et saada lahti keldris esinevatest niiskuseprobleemidest.

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.

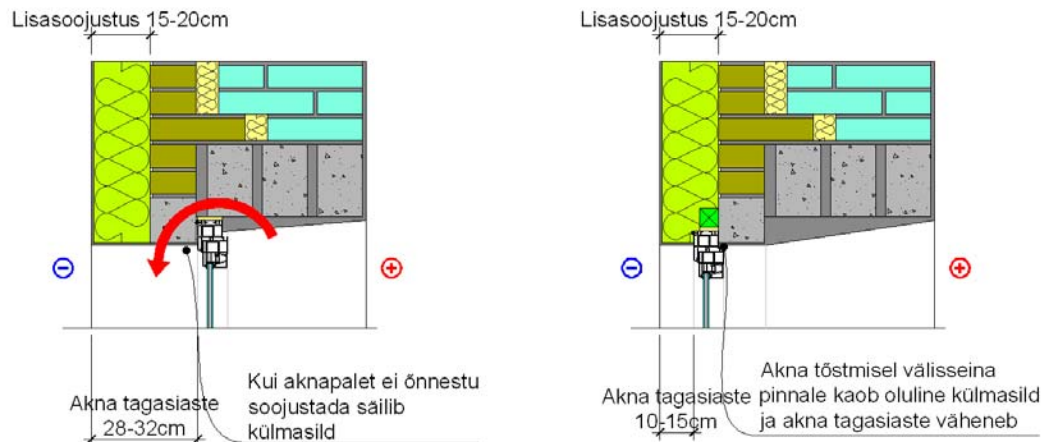
3.1.4 Välisüksed ja trepikoja aknad.

Hoones on 1 trepikoda sissepääsuga maja esiküljelt. Trepikoja aknad on uued ja trepikojal suus puituks. Uksed vajavad korrastamist või uute vastu vahetamist. Trepikojas puudub küte ja trepikoda köetakse kaudselt läbi eluruumide vaheseinte. Trepikoja küte on soovitatav taastada, et vältida alumise korruse ruumide liigset jahtumist trepikoja kaudu. Oluline on jälgida tihendite ja ukseulgurite korrasolekut, et soojuskaod ei suureneks tänu uste ülemäärasele lahtiolekule.

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 kardinat ja ruloode kasutamine, mille tõttu on akende efektiivseks soojusjuhtivuseks hinnatud $U=2,5 \text{ W/m}^2\text{C}$. Akende vahetamine kahe klaasiga pakettakende vastu viib nende soojusjuhtivuse väärtusele $U=1,2-1,6 \text{ W/m}^2\text{C}$ sõltuvalt paketi koostisosadeks olevatest klaasidest ja täitegaasist. Ülevaatusel ajaks oli 86% korterite akendest vahetatud uute vastu. Akende paigaldamise kvaliteet on ebahütlane ja aknapaled on seestpoolt valdavalt külmad.

Silikaattelistest seintega hoonete üheks probleemseks kohaks on aknaavas olevad konstruktiivsed külmasillad. Tihti on aknaraam tellise või silluse taga nii peidus, et aknapale väljastpoolt lisasoojustamine on raskendatud. Lisasoojustamata aknapalede korral seina soojustamisel külmasilda ei likvideerita, säilivad soojuslekked ning risk hallituse tekkeks ja veeauru kondenseerumiseks (vt viide [6], lk 44-48 ja Joonis 3.18).



Joonis 3.1 viide [6]. Akna ja seina liitekohas olevat olulist külmasilda (vasakul) saab kaotada ja akna tagasiastet vähendada akna välisseinapinnale tõstmisega (paremal).

Vastavalt viidatud uurimistööle on akna-seina liitega seonduva joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtus vähemalt $\Psi=0,35 \text{ W/(m K)}$ ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu on 6 MWh/a.

Kuigi osa aknaid on vahetatud ja paigaldatud suhteliselt hiljuti, on hoone tervikliku soojustamise korral otstarbekas tõsta kõik aknad seina välispinda soojustuse sisse ja vahetada uute vastu ka veel vahetamata vanad aknad. Aknaümbruste nõuetekohasel tihendamisel on sellisel juhul joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtuseks $\Psi=0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu langeb väärtusele 0,5 MWh/a. Akende ümbertõstmise käigus tasub kaaluda ka vanemate 2-klaasiga pakettakende vahetamist uute 3-klaasiliste vastu, et viia akende soojapidavus tänapäeva nõuete tasemele. Parema soojapidavusega akende paigaldamine vähendab korteri energiakulu ja annab otsest rahalist võitu soojusenergia individuaalse arvestamise korral. Akende paigaldamisel soojustuse sisse on prognoositav energiasääst 5 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 6 aastat. 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 (tuulutuskloppidega 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	Ülaltjaotusega kahetorusüsteem	Küttesüsteem vajab tasakaalustamist
Soojussõlm	Avatud soojussõlm	Välis temperatuuri anduriga automaatika.
Soojussõlm paigaldatud		
Soojussõlme automaatika	Honeywell	
Küttesüsteemi ajamitega reguleeriviinid		
Küttesüsteemi soojusvaheti	Puudub	
Küttesüsteemi ringluspump	UPS 25-80	Pumba võimsus max 175W
Küttesüsteemi paisupaak	Puudub	
Soojuse arvesti	Pollustat E	
Sooja tarbevee valmistamine	Korterites elektriboilerid	
Sooja tarbevee ringluspump		

Torude isolatsioon		
Soojussõlm	Isolatsioon puudub	
Kaugküttetorustik	Ruberoidiga kaetud klaasvatt	Küttevõrkustikule paigaldada fooliumkattega villkoorikud (paksus min 30 mm)
Magistraaltorud		
Küttepüstikute torud		
Küttesüsteem		
Küttekehad	Malmradiaatorid	Töökorras
Tasakaalustusventiilid	Puuduvad	Süsteem vajab projekti alusel tasakaalustamist.
Radiaatoriventilid	Puuduvad	Paigaldada koos termostaatidega.

Korterite sisekliima ankeedi tulemuste alusel võib öelda, et hoone on köetud ebaühtlaselt. Hoone on tervikuna pigem alaköetud, sest 58% ankeedile vastanutest on märkinud, et siseõhu temperatuur on talvel madal. Samas on kortereid kus siseõhk on soe. Soojuse ebaühtlane jaotumine põhjustab ühelt poolt elanike rahulolematust ja teiselt poolt liigseid küttekulusid.

Inimeste mugavustunde tagamiseks tuleb erinevates ruumides hoida erinevaid õhutemperatuure, vastavalt ruumi kasutusotstarbele. Ruumi siseõhu temperatuuri mõjutavad paljud tegurid – küttekehade poolt ruumi antud soojushulk, lisasoojusallikate olemasolu (päikesekiirgus, inimesed, valgusallikad ja majapidamismasinad, toidu valmistamisel eralduv soojus jne) ja soojuskaod, millede suurus oleneb välisõhu temperatuurist, välispiirete soojusjuhtivusest, akende suuruselt ja muudest asjaoludest. Termostaatventiilidega varustatud küttekehad võimaldavad korterite tasemel seada ruumide sisetemperatuuri vastavalt elanike soovile ja termostaadid vähendavad soojusenergia kulu, kui teised soojusallikad ruumide küttele lisa hakkavad andma. Sellega tagatakse soojusenergia optimaalne kasutamine, hoides seejuures mugavad elamistingimused ja säilitades tervisliku sisekliima. Radiaatoritele regulaatoritele ja termostaatventiilide paigaldamise orienteeruv maksumus on 1900 eurot. Osa radiaatoreid on termostaatidega varustatud ja sellevõrra tuleb töö maksumus odavam.

Küttesüsteemi radiaatorid on valdavalt ehitusaegsed malmist ribiradiaatorid, mille eluiga on õige hooldamise korral pikk. Küttesüsteemi osalise rekonstrueerimise korral on oluline süsteemi põhjalik läbipesu.

Olemasoleva küttesüsteemi ühe poole küttepüstikutele on paigaldatud liiniseadeventiilid ja teine pool on ilma. Liiniseadeventiilid on vaja paigaldada kõikidele püstikutele. Puudub tasakaalustusprojekt, ilma milleta ei ole võimalik küttesüsteemi täpselt häälestada. Küttesüsteemi tasakaalustamise ajal on oluline küttevee vooluhulkade mõõtmine, et saada projektile vastav tulemus. Vooluhulkade mõõtmine annab informatsiooni ka süsteemi üldisest olukorrast ja võimaldab avastada ummistustega seotud häired. Küttesüsteemi tasakaalustamine ei pruugi säästu anda, kuid oluline tulemus on elamistingimuste ühtlustamine. Töö orienteeruv maksumus koos projektiga on 2000 eurot.

Küttesüsteemi torustik keldris ja pööningul on ehitusaegne mineraalvati ja ruberoidiga. Kui kütetorustikust keldris eraldunud soojus kütab alumise korruse põrandat, siis jahtumine pööningul on otsene kadu. Pööningul toimuvast soojakaost annavad tunnistust jääpurikad katuseräästas. Kütte magistraaltorude uuesti isoleerimine fooliumiga kaetud villkoorikutega (isolatsiooni paksus pööningul 5 cm) võib säästa rohkem kui 5 MWh/a ja maksab ca 1600 eurot. Tööde tasuvusaeg on alla 4 aasta.

Kui maja välispiirded on soojustatud ja küttesüsteem on muudetud ruumipõhiselt reguleeritavaks, siis on soovitatav paigaldada radiaatoritele küttekulude allokaatorid. Inimeste tarbimisharjumused on erinevad ja küttekulude individuaalne mõõtmine aitab kaasa soojusenergia tarbimisele vastavalt vajadusele. Energiasääst võib olla 10% või isegi rohkem. Süsteemi paigaldamise maksumus on hinnanguliselt 1800 € ja tasuvusaeg on 6 a.

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse asulavõrgust. Tarnija on Emajõe Veevärk AS. Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektriboileritega ja sooja vee koguseid ei mõõdeta.

Olmekanalisatsioon juhitakse asulavõrku. Hoonesisene torustik on valdavalt ehitusaegne ja töökorras.

3.4 Ventilatsioonisüsteem

Ventilatsiooni esmatahtsaks ülesandeks on saasteainete eemaldamine ruumist, et hoida õhu kvaliteeti või puhtust soovitud tasemel, mille kaudu tagatakse tervislik elukeskkond. Elumajades peaks õhk vahetuma vähemalt üks kord kahe tunni jooksul (õhuvahetuse kordarv 0,5 1/h) [7].

Vanematesse korruselamutesse on originaallahendusega projekteeritud loomulik õhuvahetus: väljatõmme köögist, WC-st ja vannitoast ning välisõhu juurdevool läbi akende ja piirdetarindite ebatiheduste. Loomuliku ventilatsiooni tingimustes oleneb õhuvahetus hoonepiirete (eeskätt akende) õhupidavusest, välis- ja sisetemperatuuri vahest, 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. Loomulik õhuvahetus väheneb väga oluliselt uute akende paigaldamise tagajärjel ja korteris võivad tekkida tõsised sisekliima probleemid. 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. Korterite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on toaõhu kõrgeenenud niiskus, mis

külmadele seintele kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Vähemtajutav on toaõhku kontsentreeruvad CO₂ ja muud elutegevusega kaasnevad jääkained, millises keskkonnas pideval viibimisel on oht tervisekahjustuste tekkeks.

Probleemide ennetamiseks tuleb akende uuendamisel renoveerida ka ventilatsioon kasvõi minimaalsel tasemel, mis säilitab loomuliku ventilatsiooni töövõime. Selleks tuleb paigaldada tuulutuspiludega aknad või teha seina värskeõhu avad ja paigaldada klapid. Juba paigaldatud ilma tuulutuspiludeta akende raamidesse või seintesse on soovitatav paigaldada AERECO HYGRO tüüpi õhu juurdevoolu seadmed, mis reageerivad õhu niiskusetaseme tõusule ja intensiivistavad värske õhu hulka vastavalt ruumi kasutuskooormusele.

Ventilatsioonisüsteem on ülalkirjeldatud ehitusaegne loomuliku väljatõmbega. Köökides ja sanitaarruumides on ventilatsiooni väljatõmbe avad, köökide seintes on värskeõhu avad, mis aga enamuses on suletud.

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,41 1/h näitab, et hoone keskmine ventilatsioonitase on alla üldtunnustatud normi. Osades korterites ei ole ventilatsioonitase rahuldav, nagu näitas maja sisekliima ankeet ja korterite sisekliima näitajate mõõtmine. Osa ventilatsioonikanaleid on ummistunud ja puudub võimalus ventilatsiooni intensiivsust reguleerida. Korterites, kus ventilatsioon on liiga intensiivne, on küll pidevalt värske õhk tagatud, kuid sellega võib kaasneda ülemäärane energiakulu. Ventilatsioonisüsteem vajab korrastamist.

Igal korteri köögil ja sanitaarsõlmel on oma ventilatsiooni väljatõmbekanal, mis avaneb katuse kohal. Olemasolevad värskeõhu avad on vaja korda teha ja varustada klappidega. Kui väljatõmme ei toimi, ei saa tulla ka värsket õhku ruumidesse. Köökide seintes on värskeõhu avad, kuid enamuses neist on kinni ehitatud. Akende vahetamise tagajärjel on värske õhu loomulik pealevool oluliselt vähenenud ja seda peab kompenseerima ruumida teadlik õhutamine, kui aknaraamidesse või välisseintesse ei ole paigaldatud täiendavaid värskeõhu klappe.

Ventilatsioonisüsteemi renoveerimist tuleb alustada olemasoleva olukorra selgitamise, ventilatsioonikanalite uurimise ja kaardistamisega. Tuleb kontrollida, missuguses olukorras on väljatõmbekanalid ja kas korterid on ühendatud õige ventilatsioonikanaliga. Ventilatsioonikanalid võivad olla ummistunud ja ning 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. Alakõetud korteris on peaaegu võimatu tagada nõuetekohast ventilatsioonitaset.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamiseks keskmisel tasemel peab eluruumide õhk vahetuma üks kord kahe tunni jooksul ($n=0,5$ 1/h) ja sissepuhutava värske õhu soojendamiseks vajatakse 14 MWh/a, mida on 2 MWh/a rohkem kui praegusel ajal ventilatsioonile kulub. Intensiivne ventileerimine ei ole aga vajalik, kui elanikke ruumis ei viibi ja siis võib õhuvahetuse mahtu oluliselt alandada ja sellega energiat kokku hoida. Antud elumajas on elanike asustustihedus keskmisest madalam ja võttes inimese kohta õhuvahetuse minimaalselt vajalikuks mahuks 4 l/s (III kategooria ruum vastavalt standardile EN 15251:2007) ja elanike kohaloleku ajaks 60% ööpäevast, on tervisliku sisekliima tagamiseks piisav õhuvahetuse kordsus $n=0,4$ 1/h, mille korral kulub õhuvahetusele 11 MWh/a, mis vastab praegusele õhuvahetuse tasemele. Õhuvahetuse kordsusega $n=0,4$ 1/h on tehtud energiasäästu pakettide tasuvusarvutused hoone renoveerimisel.

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. Korterelema 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. Ventilatsiooni rekonstrueerimise korral on ventilatsiooni efektiivsuse tagamiseks oluline planeerida suunatud värske õhu sissevool kõrgema puhtusastmega ruumide (magamistoad) kaudu ja saastunud õhu väljavool kõrgema saastetasemega ruumide (köök, sanitaarruumid) kaudu. Selle põhimõtte järgimisel tagatakse hea sisekliima ka suhteliselt madala õhuvahetuse taseme juures.

Nõuetekohase ja stabiilse ventilatsiooni tagamiseks suhteliselt väikeste algkuludega on kaks varianti: 1) paigaldatakse magamistubadesse ja elutuppa ventilaatoriga värskeõhuklapid. 2) paigaldatakse kööki pliidikubu ja sanitaarruumidesse väljatõmbe ventilaatorid, magamistubadesse ja elutuppa paigaldatakse värskeõhuklapid. Mõlema variandi puhul puhastatakse olemasolevad ehituslikud ventilatsioonikanalid ja vajadusel tihendatakse. Orienteeruv ehitusmaksumus on ca 100-200 eurot korteri kohta. Investeeringu summa on suurusjärgus 1500 € ja eesmärk on elamistingimuste ja sisekliima parandamine. Koos ventilatsiooni intensiivistamisega kasvab ka maja soojusenergia tarbimine.

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 tervikliku 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 autonoomsed seadmed, kus sissepuhutava värske õhu soojendamine toimub väljuva saastunud õhu soojusenergia arvel. Niisuguste seadmetega võib kokku hoida 60-80% 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 1100-2500 € korteri kohta, sõltuvalt korteri suurusest ja seadme tüübist. Võrreldes loomuliku ventilatsiooni teel (värskeõhu avad seintes) tagatud normikohase õhuvahetusega, võimaldavad energiatagastusega agregaadid sama õhukoguse juures kokku hoida 6 MWh/a. Samas tuleb arvestada, et praeguse alaventileeritud olukorra suhtes on energiasääst väiksem. 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
		EUR	MWh/a	EUR/a	Aasta	Aasta
Küttesüsteem	Magistraaltorustiku isoleerimine keldris ja põõningul	1 600	5	494	3,2	30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi tasakaalustamine	2 000	2	240	8,3	20
Küttesüsteem	Radiaatoritele reguleer-ventiilid ja termostaadid	1 900	4	400	4,8	30
Loomulik ventilatsioon	Seintesse värskõhu klapid, vent-kanalite puhastamine	1 500	-3	-262		10
Kokku		7 000	8	871		
Tehnilised komplekslahendused						
Sundventilatsioon soojustagastusega	Individuaalsed korteripõhised vent-agregaadid	13 000	9	879	15	25
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	1 500	4	400	4	20

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 tarbimine on seotud soojussõlme seadmete tarbimisega, trepikodade ja keldri valgustusega. 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 küttenärgiat vajatakse alles siis, kui välisõhu keskmine temperatuur on langenud alla hoone tasakaalutemperatuuri. Vabaenergia katab hoone energiavajadusest seda suurema osa, mida paremini on hoone välispiirete soojapidavus. Tasakaalutemperatuur langeb peale hoone renoveerimist, mille kaudu tekib täiendav energiasääst.

Hoone vabasoojuse arvutamisel on lähtutud järgmistest algandmetest:

Tabel 12

Köetav pind	337	m ²
Eluruumide pind	337	m ²
Ruumide köetav sisekubatuur	842	m ³
Kütteperioodi tundide arv	5808	h
Elanike arv	10	
Inimese soojuseraldus	125	W
Kohaloleku profiil	0,6	

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

Tabel 13

Kuu	Hinnanguline vabasoojus			Mõõdetud vabasoojus		Vaba-soojus kokku	Vaba-soojus-koormus
	Päikese eritootlikkus	Päikese soojus	Inimeste soojus	Olme-elekter	Pliidigaas	MWh	Φ _{VS} , kW
	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh		
Jaanuar	0,8	0,3	0,6	1,1		1,9	2,6
Veebruar	1,7	0,6	0,5	1,2		2,3	3,4
Märts	4,4	1,5	0,6	0,9		3,0	4,0
Aprill	4,5	1,5	0,5	0,8		2,8	3,9
September	3,4	1,1	0,5	1,0		2,7	3,7
Oktoober	1,6	0,5	0,6	0,8		1,9	2,6
November	0,7	0,2	0,5	1,0		1,8	2,5
Detsember	0,3	0,1	0,6	1,1		1,8	2,4
Kokku	17,4	5,9	4,4	8,0		18,2	Keskmine
Vabasoojus köetava pinna kohta, kWh/m ²						54,0	3,1

Kogu hoones genereeritud vabasoojuse kasutamise tase sõltub küttesüsteemi automatiseerituse astmest. Kuna vabasoojus ei eraldu ajaliselt 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 0,55. Kui radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid ja küttekulude individuaalne arvestus, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,7.

Ruumide siseõhu temperatuuritõus vabasoojuse arvelt sõltub soojuskadudest läbi välispiirete ja soojuskaost ventilatsiooni kaudu. Rekonstrueerimispakettide koostamisel on välispiirete osalise soojustamise korral silmas peetud soojuskadude ühtlustamise vajadust. Kütte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine toimub kooskõllaliselt välispiirete soojustamisega, et tagada tervislik sisekliima ja kütte optimaalse reguleerimise võimalus. Alljärgnev tabel annab ülevaate välispiirete rekonstrueerimisest pakettide kaupa ja selle tulemusena erisoojuskadude muutumisest.

Tabel 14

Praegune olukord					Rekonstrueerimispaketid					
Välispiire või selle osa	Materjal/tüüp, olukorra kirjeldus	Pind- ala, A	U- arv	Eri- soojus- kadu	Meetmed energiasäästuks	U- arv	Eri- soojus- kadu	Meetmed ja erisoojuskadude summa		
		m²	W/	W/°C		W/	W/°C	I	II	III
Piirded kokku		973		657	Piirded kokku			539	262	262
Pööningu vahelagi	R/b paneel, ehitusaegne soojustus, katusekate uus	220	0,50	110	Pööningu vahelae lisasoojustus 300 mm	0,11	24	X	X	X
Aknaava perimeeter	Joonkülmasild ümber akna	172	0,35	60	Aknad seina välispinda soojustuse sisse	0,03	5		X	X
Aknad vanad	14% ehitusaegsed aknad, osaliselt amortiseerunud	9	2,50	23	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	10		X	X
Otsaseinad	Silikaattellistest müürid	109	0,90	98	Lisasoojustus 150 mm	0,21	22		X	X
Külgseinad	Silikaattellistest müürid	191	0,90	172	Lisasoojustus 150 mm	0,21	39		X	X
I korruse põrand	Jahtumine läbi keldri piirete	207	0,49	101	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	0,33	68	X	X	X
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	56	1,40	79	Tarindit ei renoveerita	1,40	79			
Trepikoja aknad/uksed	Pakettaken, puituksed	9	1,60	14	Tarindit ei renoveerita	1,60	14			

Vastavalt renoveerimispaketis planeeritud töödele muutub vabasoojuse mõju hoone sisetemperatuurile ja vabasoojuse kasutusaste ning summaarsed soojuskadud määravad välistemperatuuri (tasakaalutemperatuur), millest madalamal on vaja hoone kütmiseks kasutada täiendavat soojusenergiat. Tasakaalutemperatuuride arvutus praeguse olukorra ja säästumeetmete pakettide jaoks on toodud Tabelis 15.

Tabel 15

Kasutatava vabasoojuse ja tasakaalutemperatuuri arvutus	Uhik	Praegune olukord	Säästumeetmete paketid		
			I	II	III
Keskmine vabasoojuskooormus (Tabel 13), Φ_{VS}	kW	3,1	3,1	3,1	3,1
Vabasoojuse kasutustegur, η		0,55	0,7	0,7	0,7
Utiliseeritav vabasoojuskooormus, $\Phi_{UT} = \eta * \Phi_{VS}$	kW	1,7	2,2	2,2	2,2
Erisoojuskaod läbi välispiirete, $H_{vp} = \sum U_i * A_i / 1000$	kW/°C	0,66	0,54	0,26	0,26
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,41	0,40	0,40	0,40
Erisoojuskaod õhuvahetusele, $H_{vent} = L * c * \rho$	kW/°C	0,12	0,11	0,11	0,05
Erisoojuskaod kokku, $H = H_{vp} + H_{vent}$	kW/°C	0,77	0,65	0,38	0,31
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{UT} / H$	°C	2,2	3,4	5,8	7,1
Arvutuslik tasakaalutemperatuur, $t_B = 21 - \Delta t_{vs}$	°C	18,8	17,6	15,2	13,9
Energiaarvutuste korrigeeritud tasakaalutemperatuur	°C	18	18	16	14

Hoone arvutuslikuks tasakaalutemperatuuriks praeguses olukorras on 18,8°C eeldusel, et maja kogu köetava mahu keskmine temperatuur on 21°C. Arvestades sisekliima ankeetide tulemusi ja asjaolu, et trepikojad on külmad (ilma kütteta), on hoone energiabilanss koostatud arvutuslikust madalamal tasakaalutemperatuuril 18°C.

Pärast hoone renoveerimist tõuseb eluruumide keskmine temperatuur tavaliselt üle 21°C, jäädes vahemikku 21-23°C. Seepärast on renoveerimispakettide energiaarvutustes usaldusväärse energiasäästu prognoosi saamiseks kasutatud korrigeeritud tasakaalutemperatuure, mis on saadud arvutusliku tasakaalutemperatuuri ümardamisel ülespoole lähima täisarvulise väärtuseni.

4. Kokkuvõte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorrast ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest ja vajadusest lähtuvalt 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 ning tagama kogu majas ühtlase ja nõuetekohase sisekliima..

Energiasäästu suhtarvud (säästuprotsent) ja soojusenergia eritarbimine on arvutatud kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia muutumise alusel.

4.1 Säästumeetmete paketid

Säästumeetmete pakett I – minimaalselt vajalikud tööd elamistingimuste ja sisekliima parandamiseks.

Soojustatakse pööningu vahelagi ja sokkel. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Küttesüsteemi püstikutele paigaldatakse liiniseventiilid ja radiaatoritele termostaatventiilid ja süsteem tasakaalustatakse projekti alusel. Koos sokli soojustamisega ehitatakse välja sadevete ärajuhtimise süsteem ja planeeritakse pinnas kaldega majas eemale.

Tabel 16

t_B = 18 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Pööningu vahelagi	Pööningu vahelae lisasoojustus 300 mm	3 000				30
I korruse põrand	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	5 000				30
Küttesüsteem	Magistraalitorustiku isoleerimine keldris ja pööningul	1 600				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi tasakaalustamine	2 000				20
Küttesüsteem	Radiaatoritele reguleer-ventiilid ja termostaadid	1 900				30
Loomulik ventilatsioon	Seintesse värskõhu klapid, vent-kanalite puhastamine	1 500				10
Kokku		15 000	12	1 252	12	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 16%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 192 kWh/m²

Kaalutud energiatarbimine – 248 kWh/m², enrgiamärgise klass - E

Säästumeetmete pakett II – rekonstrueerimistoetuse määr 25% tööde maksumusest.

Soojustatakse pööningu vahelagi, välisseinad ja sokkel. Koos sokli soojustamisega ehitatakse välja sadevete ärajuhtimise süsteem ja planeeritakse pinnas kaldega majas eemale. Kõik veel vahetamata aknad vahetatakse 3-klaasiga pakettakende vastu ja aknad tuuakse seina välispinnale soojustuskihi sisse (ka varem vahetatud aknad). Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskeõhu klapid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt pakatile I. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine.

Tabel 17

t_B = 16 °C	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumu	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihtasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Pööningu vahelagi	Pööningu vahelae lisasoojustus 300 mm	3 000				30
Aknaava perimeeter	Aknad seina välispinda soojustuse sisse	3 000				30
Aknad vanad	(3 klaasi)	1 400				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	8 400				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	14 600				30
I korruse põrand	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	5 000				30
Küttesüsteem	Magistraalitorustiku isoleerimine keldris ja pööningul	1 600				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi tasakaalustamine	2 000				20
Küttesüsteem	Radiaatoritele reguleer- ventiilid ja termostaadid	1 900				30
Loomulik ventilatsioon	Seintesse värskeõhu klapid, vent-kanalite puhastamine	1 500				10
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	1 500				20
Kokku		43 900	44	4 559	10	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 57%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 99 kWh/m²

Kaalutud energiatarbimine – 164 kWh/m², enrgiamärgise klass - D

Säästumeetmete pakett III — rekonstrueerimistoetuse määr 35% tööde maksumusest.

Soojustatakse pööningu vahelagi, välisseinad ja sokkel. Koos sokli soojustamisega ehitatakse välja sadevete ärajuhtimise süsteem ja planeeritakse pinnas kaldega majas eemale. Kõik veel vahetamata aknad vahetatakse 3-klaasiga pakettakende vastu ja aknad tuuakse seinä välispinnale soojustuskihi sisse (ka varem vahetatud aknad). Värskeõhu klappide asemel paigaldatakse seintesse energiatagastusega individuaalsed ventilatsiooniagregaadid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt pakstile I. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine.

Tabel 18

t_B= 14 °C	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihtasu vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Pööningu vahelagi	Pööningu vahelae lisasoojustus 300 mm	3 000				30
Aknaava perimeeter	Aknad seinä välispinda soojustuse sisse	3 000				30
Aknad vanad	klaasi)	1 400				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	8 400				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	14 600				30
I korruse põrand	Lisasoojustus 100 mm sokli peal, uued aknad	5 000				30
Küttesüsteem	Magistraalorustiku isoleerimine keldris ja pööningul	1 600				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi tasakaalustamine					20
Küttesüsteem	Radiaatoritele reguleer- ventiilid ja termostaadid					30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	1 500				20
Sundventilatsioon soojustagastusega	Individuaalsed korteripõhised vent- agregaadid	13 000				20
Kokku		51 500	54	5 325	10	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 69%

Soojusenergia eritarbimine kōetavala pinnale – 71 kWh/m²

Taandatud energiatarbimine – 139 kWh/m², enrgiamārgise klass - C

4.2 Säästumeetmete pakettide mõju maksekoormusele

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 soovitatud 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 19

1.	Praeguses olukorras normaalaasta soojusenergia kulu küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	78		
1.1	Soojusenergia hind	€/MWh	103,11		
1.2	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	7 994		
1.3	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	23,74		
2.	Rekonstrueerimistööde pakett		Pakett I	Pakett II	Pakett III
2.1	Hinnanguline investeeeringumaht	EUR	15 000	43 900	51 500
2.2	Rekonstrueerimistoetus		0%	25%	35%
2.3	Omafinantseering pangalaenuga	EUR	15 000	32 925	33 475
2.4	Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	1 823	4 000	4 067
2.5	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	5,41	11,88	12,08
2.6	Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	1 091	2 394	2 434
2.7	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	3,24	7,11	7,23
3.	Pärast rekonstrueerimist normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	65	33	24
3.1	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	6 743	3 435	2 450
3.2	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	20,03	10,20	7,28
3.3	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 10 a laenuga	€/a	8 565	7 435	6 517
3.4	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	25,44	22,08	19,36
3.5	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 20 a laenuga	€/a	7 833	5 829	4 884
3.6	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	23,26	17,31	14,51
3.7	Maksekoormuse muutus 10 a laenuga	€/m²a	1,69	-1,66	-4,39
3.8	Maksekoormuse muutus 20 a laenuga	€/m²a	-0,48	-6,43	-9,24

Tänu kõrgele toetusemäärale ja suurele energiasäästule langevad elanike reaalsed eluasemekulud pärast suuremamahulise energiasäästupaketi III 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 hinnapakkumised ehitajatelt ning laenupakkumine pangalt, siis saab teha reaalse tasuvusarvutuse enne lõpliku otsuse langetamist.

4.3 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Nõo alevikus Hariduse tn 1 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmise aasta soojusenergiakasutust 77 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 24 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 52 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 10 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. Enno Abel, Hendrik Voll. Hoonete energiatarve ja sisekliima. Presshouse. Tallinn, 2010.

6. Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L 1

Mõõtesead	Tüüp	Täpsus	Töövahemik
Termokaamera	FLIR B335	Temp $\pm 1^{\circ}\text{C}$ eraldusvõime $0,1^{\circ}\text{C}$	$-20 - +120^{\circ}\text{C}$
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.

7. Lisad

7.1. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 2

MWh	2006	2007	2008	2009	2010
Jaanuar	11,7	14,7	12,8	12,2	18,5
Veebruar	10,5	14,7	11,2	11,9	13,0
Märts	9,2	8,0	11,1	10,9	11,0
Aprill	4,1	6,6	5,0	6,0	4,2
Mai		2,5			
Juuni					
Juuli					
August					
September			3,4		0,8
Oktoober	3,5	6,3	6,7	9,1	8,0
November	6,3	10,6	9,4	8,9	10,0
Detsember	5,6	11,6	12,6	14,5	17,0
Kokku	51,0	75,1	72,2	73,5	82,5

7.2. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

m ³	Külm tarbevesi				
	2006	2007	2008	2009	2010
Jaanuar	32	73	22	27	31
Veebruar	65		22	19	23
Märts	70		25	23	27
Aprill	44		18	27	28
Mai	34	22	18	21	30
Juuni	16	22	18	25	25
Juuli	14	18	21	34	26
August	17	21	22	22	26
September	16	24	20	24	25
Oktoober	17	20	22	25	22
November	23	20	21	20	21
Detsember	17	32	15	20	21
Kokku	365	252	244	287	305

7.3. Soojavee tarbimisandmed

Tabel L 4

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

7.4. Elektrienergia tarbimisandmed

EE teatis KÜ andmed

Tabel L 5

kWh	Korterite elekter				
	2006	2007	2008	2009	2010
Jaanuar	1 177	1 227	1 666	1 484	1 727
Veebruar	1 080	1 147	1 501	1 405	1 663
Märts	1 139	1 171	1 336	1 453	1 474
Aprill	784	907	1 420	1 854	1 337
Mai	1 298	1 010	1 655	1 265	1 694
Juuni	851	891	1 638	1 589	1 177
Juuli	862	1 108	677	841	1 126
August	968	1 713	1 187	981	1 117
September	979	1 130	1 314	1 034	1 510
Oktoober	1 103	1 321	1 335	1 390	1 296
November	1 201	2 132	1 345	1 562	1 425
Detsember	1 212	1 990	1 325	1 626	1 550
Kokku	12 654	15 747	16 399	16 484	17 096

Tabel L 6

kWh	Üldelekter				
	2006	2007	2008	2009	2010
Jaanuar	103	76	133	129	119
Veebruar	88	53	127	122	116
Märts	87	57	133	125	134
Aprill	79	55	153	126	99
Mai	58	42	-32	14	5
Juuni	25	55	4	1	6
Juuli	34	59	6	5	4
August	32	18	7	8	3
September	40	38	58	11	20
Oktoober	57	103	143	131	114
November	70	113	136	123	121
Detsember	74	132	144	134	110
Kokku	747	801	1 012	929	851

7.5. Termograafilise ülevaatus aruanne ja fotod

Vormistatud eraldi aruandena