

Tellija: **KÜ Mäe 3 Kunda**
Tellija kontaktisik: **Kairi Raudberg**
Aadress: **Mäe tn.3, Kunda linn, Lääne-Virumaa**
Tel.: **53 955 887**
E-post: **info@rolux.ee**



ENERGIAAUDIT



Mäe tn.3, Kunda linn, Lääne-Viru maakond
18- korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 03.03.2016
Aruanne esitatud: 27.09.2016
EA-160901

Auditeerija ettevõte: **TERMOPILT
PÄRNU OÜ**
Aadress: **Riia mnt.106, Pärnu**
Reg. Nr. **12798061**
Tel.: **53 489 959**
56 643 115
E-post: **info@termopilt.ee**
Energiaaudiitor: **Tõnu Tiit**

Allkiri:



Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest	4
2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs	6
2.1 Hoone asukoht ja paiknemine	6
2.2 Hoone üldandmed	6
2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd	7
2.4 Energia- ja veevarustuse üldisloomustus	7
2.5 Soojusenergia kulu	8
2.6 Elektrienergia kulu	10
2.7 Vee kulu	11
2.8 Hoone soojusbilanss	12
2.9 Ruumide sisekliima	14
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	15
3.1 Hoone piirdetarindid	15
3.1.1 Pööninglagi	16
3.1.2 Välisseinad	17
3.1.3 I korruse põrand/ sokkel	18
3.1.4 Aknad	21
3.1.5 Välisüksed.	22
3.2 Hoone tehnosüsteemid	23
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	24
3.4 Küttesüsteem	25
3.5 Ventilatsioonisüsteem	28
3.6 Elektriseadmed	30
3.2 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	31
3.3 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	33
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	35
4.1 Säästumeetmete paketid	36
5. Kokkuvõte	40
6. Kasutatud allikad	41
7. Lisad	42
6.1. Soojusenergia tarbimisandmed	42
6.2. Tarbevee tarbimisandmed	43
6.3. Elektrienergia tarbimisandmed	44
8. Termograafilise ülevaatus aruanne	45

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Kunda linnas Mäe tn.3 asuva 3-korruselise 18 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 esindaja poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid aastatel 2013-2015. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud märtsis 2016 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 kaugkütte energiatarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Hoonet varustatakse kütteenergiaga kaugkütte baasil toimiva keskküttesüsteemi abil. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete 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 pr. Kairi Raudberg.

Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga.

Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud lähiaastate prognoositavast kaugkütte soojusenergiast 85 €/MWh ja elektrienergiast 140 €/MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia (kaugkütte soojusenergia) keskmine kogukulu aastatel 2013-2015 on mõõdetud 114 MWh/a.

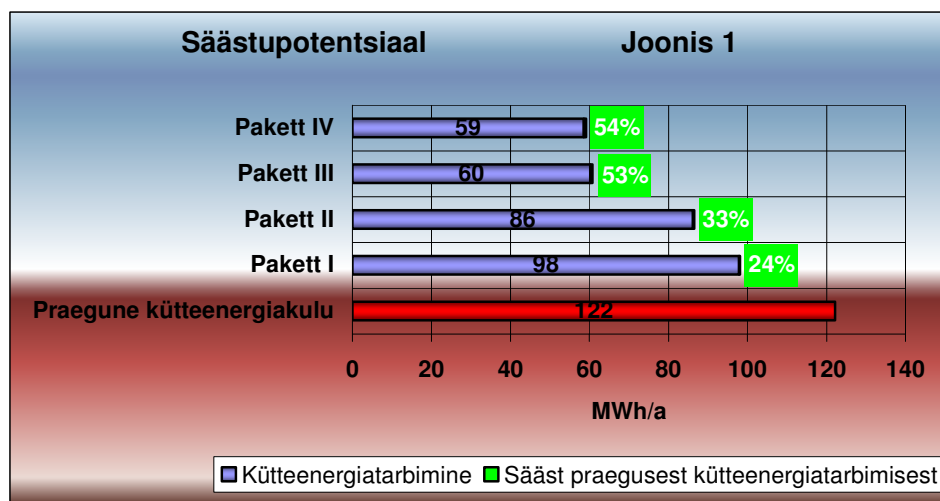
Normaalaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 128 MWh/a ja lähtuvalt hoone kōetavast pinnast 773 m² (eluruumid ja trepikojad) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnauhikule 166 kWh/m².

Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud neli säästumeetmete paketti, mille abil on võimalik kütteenergia kulu tehniliselt alandada ning lisaväärtuseks on inimeste heaolu tõus tänu paranenud sisekliimale. Samas tõuseb ka hoone kui kinnisvara väärtus. Säästupaketid on esitatud põhjusel, et teatud meetmetel on omavaheline koosmõju.

- Esimese paketi raames soojustatakse hoone pöõninglagi, välisseinad ja soklisein. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Kütteveemagistraalid isoleeritakse. Küttesüsteem seadistatakse vastavalt hoone soojusvajadusele. Investeering on ca. 80 tuhat € ning aastane sääst on 31 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 31 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 25%.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone pöõninglagi, välisseinad ja sokliosa. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Hoones ehitatakse välja uus, täielikult reguleeritav kahetoru-küttesüsteem. Investeering on ca. 103 tuhat € ning aastane sääst on 42 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 29 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 33%.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone pöõninglagi, välisseinad ja sokliosa. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Hoones ehitatakse välja uus, täielikult reguleeritav kahetoru-küttesüsteem. Paigaldatakse uus soojussõlm. Rajatakse tsentraalne soojatarbeveesüsteem. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega korteripõhine ning õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca 134 tuhat € ning aastane sääst on 68 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 19 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 53%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Neljas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone pöõninglagi, välisseinad ja sokliosa. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Hoones ehitatakse välja uus, täielikult reguleeritav kahetoru-küttesüsteem. Paigaldatakse uus soojussõlm. Rajatakse tsentraalne soojatarbeveesüsteem. Hoonesse paigaldatakse õhujaotustorustikega ja energiatagastusega korteripõhine või tsentraalne energiatagastusega ja õhujaotustorustikega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca 165 tuhat € ning aastane sääst on 70 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 23 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 54%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Hoone energiasäästumeetmete pakettide realiseerimise tulemusena eeldatav kütteenergiasääst:

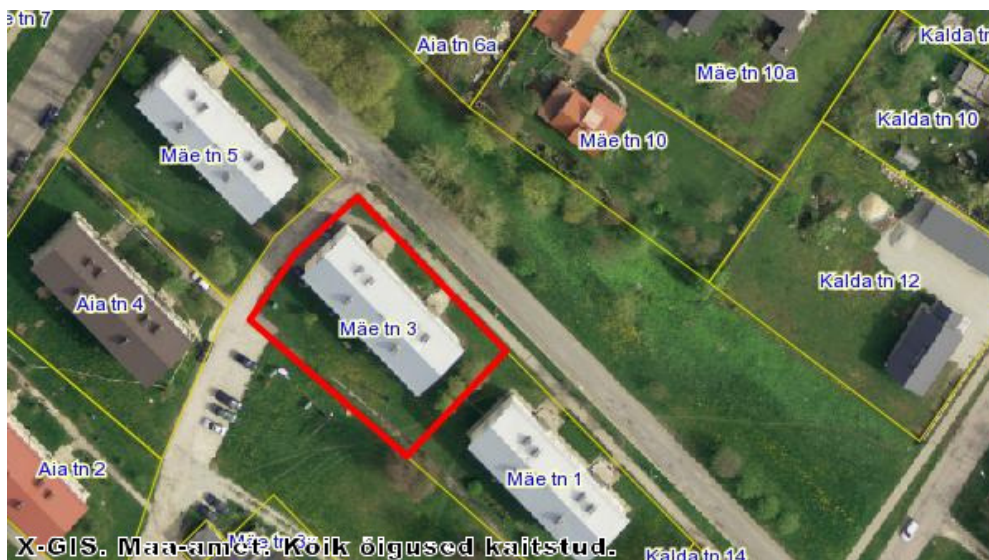
Joonis1



Energiaauditi raames väljapakutud energiasäästumeetmete pakettide detailsem kirjeldus on välja toodud käesoleva töö peatükis 4.1. Säästumeetmete paketid.

2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

2.1 Hoone asukoht ja paiknemine



Hoone asub Kunda linnas

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	Lääne-Viru maakond, Kunda linn, Mäe tn 3
EHR kood:	108004231
Ehitusaasta:	1960
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	329
Suletud netopind (EHR), m ² :	833,8
Minimaalne korruste arv:	3
Maksimaalne korruste arv:	3
Hoone maht (EHR), m ³ :	3810
Köetav pind, m ² :	773
Eluruumide pind (EHR), m ² :	708
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	2009
Korteri arv:	18
Tubade arv:	36
Elanike arv:	25
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

Hoone trepikojad on köetava pinna ja kubatuuri sees, kütetorustike poolt köetavaid keldriruume ei ole köetava pinna hulka arvestatud.

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Hoone vanade puitakende vahetamine uute pakettakende vastu. Uusi aknaid on 89% hoone akende kogupindalast
	Pööningul küttemagistraalide osaline isoleerimine, seadeventiilide paigaldus
	Pööninglaele puistevilla paigaldus

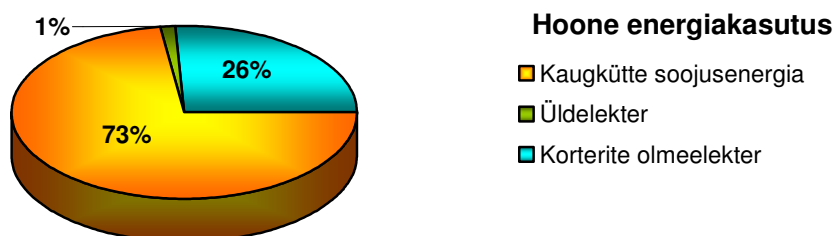
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus

Tabel 3

Põhiline kütteviis:	Kaugküte
Soojusenergia tarnija	Adven Eesti AS
Kasutatav kütus:	Maagaas
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Sõltuva ühendusega ülaltjaotusega ühetorusüsteem
Kütte automaatika	Danfoss ECL Comfort 100M
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Kamstrup Multical 601
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	Puudub
Tarbevee tarnija:	Kunda Vesi AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt linnavõrgust
Olmekanalisisatsioon:	Juhitakse tsentraalsesse linnavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Lokaalsed elektriboilerid korterites
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs akendest/ustest ning väljatõmme ventilatsioonilõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V

Hoones viimasel kolmel aastal tarbitud kaugkütte soojusenergia, üdelekter ning korterite olmeelekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

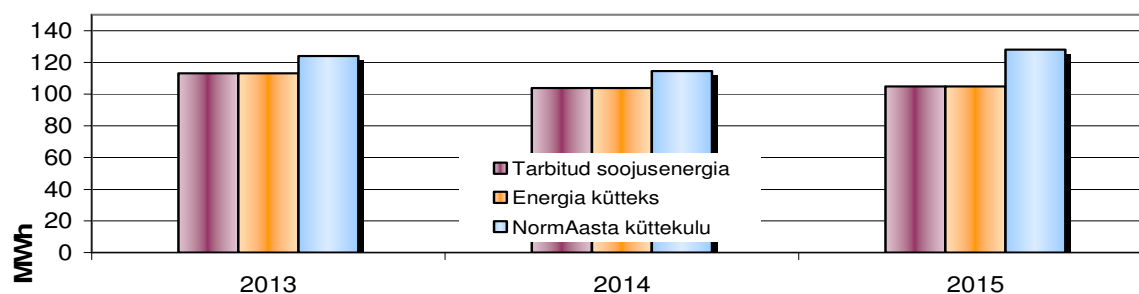
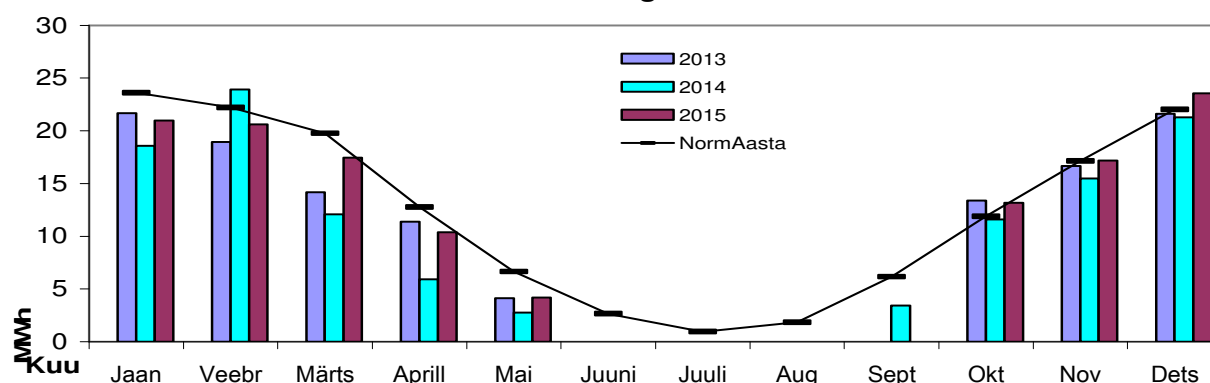
Joonis 2



2.5 Soojusenergia kulu

Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2013	2014	2015	Keskmine	Ühik
Soojusenergia tarbimine (kaugküte, mõõdetud)	119	110	111	114	MWh/a
Soojuskadu kütetrassi välisjahtumisest pööningul, (hinnanguline)	6	6	6	6	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	113	104	105	107	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Jõhvi				
Kraadpäevade arv	3822	3799	3432		°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	4189				°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	130	121	134	128	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	93	96	84	91	€/MWh
Kulutused soojusele	11101	10560	9364	10341	€/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	169	156	174	166	kWh/m ² ·a

Kütteenergia tarbimise graafikud**Joonis 3****Energiatarbimine aastate lõikes****Joonis 4****Taandatud kütteenergia kulu kuude lõikes**

Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju kütteenergia tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud keskmise nn NormAasta soojustarbimise tasemele. Joonisel 4 markeerib NormAasta kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. NormAasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist.

Hoone energiabilansi põhjal tehtud analüüs näitab, et hoones tervikuna on kütteperioodide vältel sisetemperatuur olnud ligilähedaselt tasemel (+19°C), samal ajal jääb hoone keskmine ventileeritus allapoole vastavat normväärtust.

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. Hoone niiskuserežiimi parandamiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt, kui välistemperatuur seda eeldab (tagamaks niiskuse väljakuivamine piiretest).

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist normaalaastale teisendatud energiavajadust 122 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

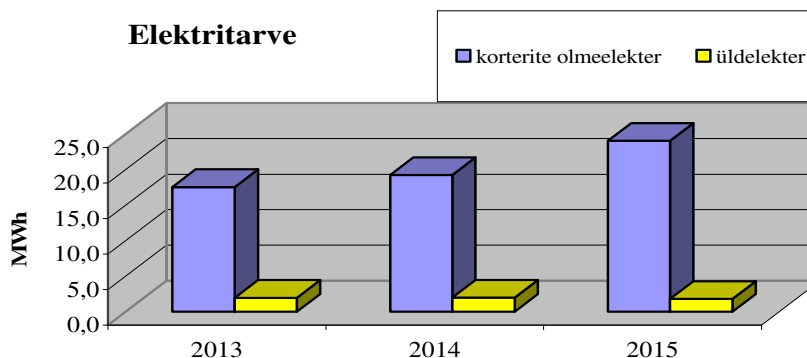
Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2013	2014	2015	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine (hinnanguline)	2,0	2,0	1,8	1,9	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	2,5	2,6	2,3	2,5	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	2,75	2,81	2,56	2,7	kWh/m ² ·a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	38,4	35,1	40,5	38,0	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks (hinnanguline)	20,8	15,9	16,5	17,7	MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	17,6	19,2	24,0	20,3	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	22,7	24,9	31,1	26,2	kWh/m ² ·a
Olmeelektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	24,8	27,2	34,0	28,6	kWh/m ² ·a

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest keskmiselt 5%, millest hinnanguliselt omakorda 64% kulub soojussõlme seadmetele.

Hoones tarbitava koguelektrienergia proportsionaalne jaotus on järgmine:

Joonis 5



Korterite olmeelektritarbimine on vaadeldava perioodi jooksul olnud kasvava trendiga. Soovitav on seadmete valikul eelistada säästlikumaid lahendusi, pidurdamaks elektrienergia kasutamise kasvutrendi.

Olmeelektri kõige suurem säästuvõimalus on seadmete täielik väljalülitamine kui neid ei kasutata. See kehtib nii valgustite, olmeelektroonika kui ka telefonilaadijate kohta. Väljalülitatud kuid n.ö. puldivalmiduses seade tarbib keskmiselt 20W, mis kõigi seadmete peale kokku võib teha 60-100 W ööpäevaringset elektritarbimist, ehk 40-70 kWh kuus. Säästupirnide (gaaslahendusega) kasutamine on efektiivne üldvalgustites, mida tihti sisse-välja ei lülitata.

Sagedane sisse-välja lülitamine kahandab oluliselt säästupirnide eluiga ja muudab rahalise säästu olematuks. LED-valgustid on sellest puudusest vabad.

Olmeelektri arvestuslik statistiline keskmine eritarbimine eluruumide pinna kohta on 25-35 kWh/m²·a ja antud hoones on see näitaja hinnanguliselt keskmisega samal tasemel.

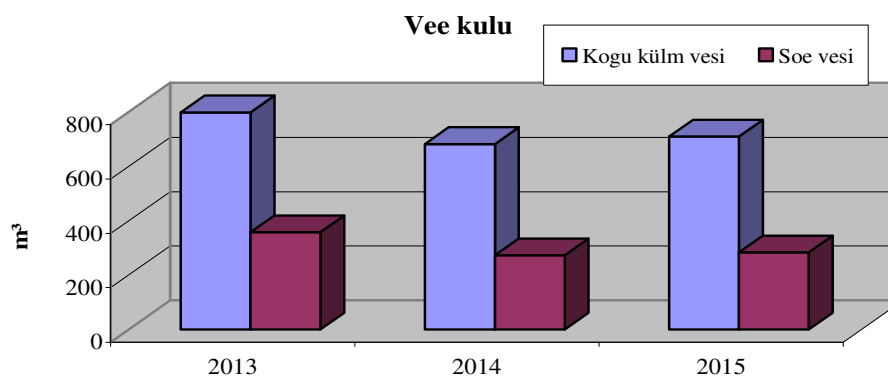
2.7 Vee kulu

Tabel 6

Tarbevee kulu	2013	2014	2015	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	897	683	711	764	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	1,16	0,88	0,92	0,99	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	1,27	0,96	1,00	1,08	m ³ /(m ² a)
Soe tarbevesi	359	273	284	305	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,46	0,35	0,37	0,40	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,51	0,39	0,40	0,43	m ³ /(m ² a)
Elektrienergia kulu vee soojendamiseks (hinnanguline)	21	16	17	18	MWh/a
Soojuse tariif/hind	93	96	84	91	€/MWh

Kogu veetarbimine kortermajas on kõikuva iseloomuga, selget trendi välja ei joonistu. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektriboileritega korterites. Soe tarbevesi moodustab kogu veekasutusest hinnanguliselt keskmiselt 40%, mis on samaväärne kortermajade keskmise näitajaga (40-45%). Sooja tarbevee erikulud on korterelamutes enamasti vahemikus 0,55—0,90 m³/(m²a) eluruumide pinna kohta. Antud hoones on see näitaja keskmisest statistilisest väärtusest madalamal tasemel ning sõltub ilmselt nii leibkondade koosseisust kui ka tarbimisharjumustest.

Joonis 6



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. Soojakadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 16°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Jõhvi piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone iga välispiirde osa jahtumises ja kogu soojusenergia kadu läbi välispiirete on toodud alljärgnevas:

Tabel 7

Piirde nimetus	Pindala	Soojus-juhtivus, U	Erisoojus-kadu, H_{vp}	Soojuskadu aastas
	m ²	W/m ² °C	W/°C	MWh
Otsaseinad	165	1,10	182	17
Pikivälisseinad	393	1,10	432	40
Pööninglagi	329	0,20	66	6
Aknad vanad	19	2,50	47	4
Aknad uued	155	1,50	232	21
Välisuksed	7	2,00	14	1
I korruse põrand	329	0,48	159	15
		Kokku	1131	105

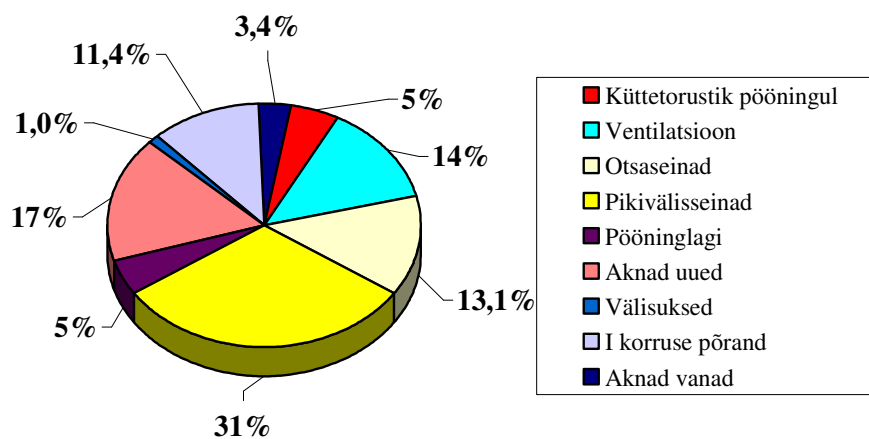
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	128	
Arvutatud soojuskadu kütetorustike välisjahtumisest pööninglael, MWh/a		6
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		105
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		17
Kokku	128	128
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,29	
Tasakaalutemperatuur, °C	16	

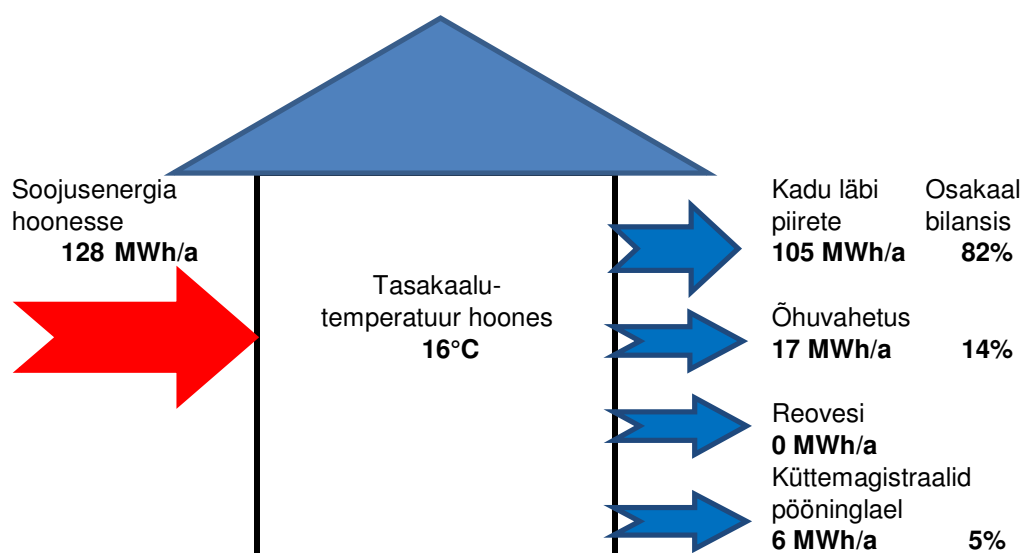
Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

Joonis 7



Hoones soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 8



2.9 Ruumide sisekliima

Lähtudes standardis EVS-EN 15251:2007 toodud sisekliima normväärtustest, on talvisel ajal:

Tabel 11

Soojusliku mugavuse klass	I	II	III
ruumiõhu temperatuur	21-23 °C	20-24 °C	19-25 °C
süsihappegaasi (CO ₂) kontsentratsioon üle välisõhu kontsentratsioonitaseme	350 ppm	500 ppm	800 ppm

Ventilatsioonisüsteem peab tagama hoones viibivatele inimestele kvaliteetse sisekliima. Värske õhu juurdevool peab olema sellisel tasemel, et ei ületataks vastava mugavusklassi ruumide CO₂ maksimaalset mahukontsentratsiooni. Välisõhu CO₂ kontsentratsioon on üldjuhul suurusjärgus 370...400 ppm. Vastavalt EL standarditele võiks ruumiõhus lugeda aktsepteeritavaks CO₂ sisalduseks siis mitte üle 400ppm+800ppm=1200 ppm.

Siseõhu suhteline niiskus sõltub niiskustootlusest ruumides (inimeste arv ruumis ja ruumide kasutusintensiivsus, taimede kastmine jne), ventilatsiooni toimimisest ja õhuvahetusest ning välisõhust.

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 riski külmasildadel. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse keskmine väärtus eluruumides peaks talvisel ehk siis kütteperioodil jääma vahemikku 40-45%.

Kortermaja ülevaatusel külastatud korterites mõõdeti õhutemperatuuri, suhtelise õhuniiskuse ja CO₂ taset eluruumides.

Tabel 12

Mõõtmiskoht	Sisetemperatuur	Süsihappegaas, CO ₂ mahukonsentratsioon õhus	Suhteline õhuniiskus
	°C	ppm	%
Korter 12	18-20	1270	46
Korter 11	20-21	1115	36
Korter 3	19-20	1308	48
Korter 4	19-23	990	38
Korter 8	20-22	1100	40

Siseruumide õhutemperatuur jäi vahemikku 18-23°C, mis vastab soojusliku mugavuse klassi III nõuetele.

Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse keskmine väärtus jäi eluruumides taseme 36-48% piiridesse.

Ruumiõhu CO₂ sisaldus jäi vahemikku 990ppm-1308ppm. Korterid olid madala asustustihedusega, CO₂ sisaldus jäi sisekliima III klassi taseme väärtuse lähedale.

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	Inves-teering	Liht-tasuvus
		m²	W/m²K	MWh/a		W/m²K	MWh/a	MWh/a	€	aasta
Piirded kokku				105			49	56	71 700	15
Pööninglagi	Laepaneelid+soojustus puistevill ~150mm	329	0,20	6,1	Lisasoojustus 200 mm	0,11	3,2	2,9	3 200	13
Otsaseinad	Silikaat-ja kärgtellised	165	1,10	16,9	Lisasoojustus 150 mm	0,21	3,3	13,6	16 000	14
Pikivälisseinad	Silikaat- ja kärgtellised	393	1,10	40,0	Lisasoojustus 150 mm	0,21	7,8	32,2	39 000	14
Aknad vanad	11%,vanatüübi puitraamidel aknad	19	2,50	4,3	Asendamine uute pakettakendega	1,10	1,9	2,4	3 000	14
I kor. põrand (taandatud)*	Vundamendiplokid, silikaattellised	329	0,48	14,7	Sokli lisasoojustus 100mm	0,34	10,2	4,5	8 500	22
Välisüksed	Metalluksed	7	2,00	1,3	Asendamine uute soojapidavamate ustega	1,41	0,9	0,4	2 000	61
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	155	1,50	21	Tarindit ei renoveerita	1,50	21			

* I korruse põranda soojusjuhtivus väljendab eluruumide ja keldrikorruse vahelist kogusoojusvahetust, mis on teisendatud I korruse põrandat läbivaks soojusvooks, millest on tuletatud taandatud soojusjuhtivusnäitaja.

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

3.1.1 Pööninglagi

Maja pööninglaele on paigaldatud ca 150mm paksune puistevillakiht.

Puistevill pööninglael.



Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone pööninglae soojusjuhtivus suurusjärku $U \sim 0,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis mõnevõrra ületab EV Valitsuse määruses nr.55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded” soovitatud elamute laekonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtusele $U=0,1-0,15 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Laepiirde soojapidavuse normijärgselt vastavusse viimiseks peab renoveerimisel kogu laepiirde ulatuses paigaldama lisaks olemasolevale soojustuskihile veel vähemalt 200 mm paksuse lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}} = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) kihi.

Täiendava soojustusena on suhteliselt lihtne kasutada soojustusena puistevilla. Vältimaks paigaldatud villsoojustuskihi kahjustamist, tuleb pööninglael võimalikes liikumiskohtades tagada käiguteede olemasolu ja korrasolek.

3.1.2 Välisseinad

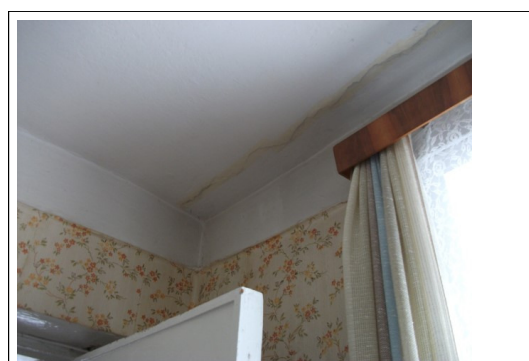
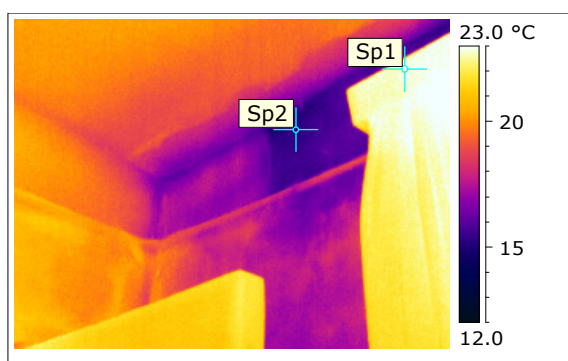
Maja välisseinad on hoone ehitusaegses konstruktsioonis (ehitatud telliskivimüüritisena). Välisseintesse on tekkinud aja jooksul pragusid ning krohvkate on hakanud pudenema.

Maja välisseinad



Hoone ehitusaegsed välisseinad on ebahütlase ning vähese soojuspidavusega. Välisseintel leidub palju madalatemperatuurilisi külmasildasid.

Tuba 2 välissein



File name	IR_2238.jpg
Sp1 Temperature	22.9 °C
Sp2 Temperature	15.6 °C

Sp2 temperatuuriindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,72$, hallituse tekkeoht

Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone välisseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U=1,0...1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis ületab EV Valitsuse määruses nr.68 „Energiaaustuse miinimumnõuded” soovitatud elamute seinakonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtust $U=0,12-0,22 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Maja välisseinte soojuspidavuse viimine vastavusse normväärtusega eeldab vähemalt 150 mm paksuse välise lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) paigaldamist piiretele. Maja trepikodade pööninguruumis asuvad viimase korruse välisseinad tuleb samuti katta soojustusega (kihipaksus 150 mm).

Osades korterites on välisseinad soojustatud seepidist. Sisemise soojustuskihiga on oht, et külmade ilmadega tekib soojustuse ning välisseina vahelises külmas tsoonis kondensaad, mis ajapikku loob soodsad tingimused hallituse tekkeks. Mida paksem sisemine soojustuskiht, seda suurem on kondensaadi tekkimise võimalikkus. Juba olemasolevalt korterite välisseinte siseküljele paigaldatud soojustusekiht võib säilida, kui piirded soojustada efektiivselt ka välispidiselt.

Kuivõrd väline soojustuskiht kaitseb edaspidi seinu väliskeskkonna lagundava mõju eest, aitab lisasoojustamine ühtlasi ka pikendada hoone kasutusaega.

Seinte soojustamisel on lisaks energia kokkuhoiule ka täiendavaid efekte, millised omavad olulist väärtust küll maja kasutusmugavuse tõstmisel, kuid millele on raske tasuvust arvutada. Nimelt pärast soojustamist tõuseb seinte sisepinna temperatuur, mille tulemusena suureneb oluliselt hoone kasutusmugavus.

3.1.3 I korruse põrand/ sokkel

Keldri sisetemperatuur kujuneb keldrisse suunatud ja keldrist välja suunatud energiavoogude koosmõjul. Keldrisse satub soojusenergia peamiselt läbi I korruse põranda ning keldrisasuvate torustike jahtumisel läbi nende isolatsiooni. Keldrist välja liigub soojusenergia läbi keldri välispiirete (sokkel, vundament, keldripõrand, keldri aknad ja välisüksed) ning koos sooja õhuga keldriruumide ventileerimise käigus. Sellest kõigest lähtuvalt tuleb ka keldriruumide soojuskadude vähendamist vaadata laiemas meetmete kontekstis.

Käesolevas töös on käsitletud kahte võimalikku varianti keldri soojuskadude vähendamiseks. Arvutustes on võetud arvesse I korruse eluruumide ja keldrikorruse vahelist kogusoojusvahetust, mis on teisendatud I korruse põrandat läbivaks soojusvooks. Antud soojusvoost on omakorda tuletatud I korruse põranda taandatud soojusjuhtivusnäitaja, mis on arvutatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ning selle väärtuseks antud soojustamata hoone puhul on $U=0,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Variant 1. Keldri lae soojustamine.

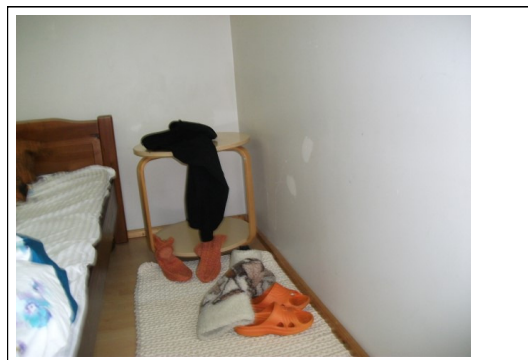
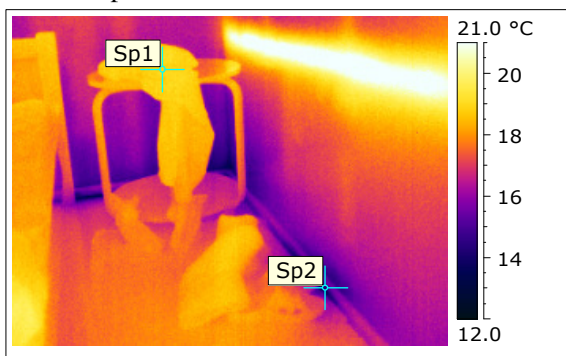
Kui isoleerida ära keldri lagi, siis väheneb soojusvoog läbi I korruse põranda, mille tulemusena alaneb ruumide sisetemperatuur. Vähenev temperatuur vähendab soojuskadusid läbi välispiirete, samuti väheneb ka ventilatsiooni õhuga keldrist väljakanduv soojusenergia hulk. Samas suureneb soojusvoog torustike välisjahtumisest, mis omakorda püüab keldri sisetemperatuuri tõsta ja eelpoolmainitud kulukomponente suurendada. Nii kujuneb keldrisse uus soojusliku tasakaalu olukord. Kui koos keldri lae soojustamisega tõsta ka torustike isolatsiooni kvaliteeti, siis keldri sisetemperatuur langeb ja piirete välisjahtumine väheneb veelgi.

Vähendamaks olulisel määral soojuskadusid läbi esimese korruse põranda peab keldrilae lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max} = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) kihipaksus olema vähemalt 70 mm. Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põranda taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,34 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Keldrilae soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 15 tuhat € ning aastane kütteenegiasääst on 5 MWh/a. Investeeringu lihttasuvusajaks kujuneb ca 37 aastat.

Tehniliselt on keldrilae soojustamine keerukas operatsioon, kuna laega liitub hulk vaheseinu ja lage läbistavad erinevad kommunikatsioonid. Nii on ühest küljest töö teostamine tülikas ja teisest küljest jäävad soojustusest läbiulatuvad seinaosad moodustama külmasildu, mis vähendavad tulemuste efektiivsust. Samuti jäävad isoleerimata sokli-põranda-seina liites olevad konstruktiivsed külmasillad, mis esimese korruse põranda välisääred külmaks muudavad ning seal niiskuse kondenseerumise tõttu ka probleeme võivad tekitada.

I korruse põranda välisäär



File name	IR_2222.jpg
Sp1 Temperature	18.9 °C
Sp2 Temperature	14.3 °C

Sp2 temperatuurindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,79$

Samas tuleb arvestada ka asjaoluga, et isoleeritud keldrilae ja torustike puhul võib madalate välistemperatuuride (-22°C ning alla selle) pikaajalisel esinemisel, keldri sisetemperatuur langeda miinuskraadideni. Sellises olukorras toimub sokli- ja vundamendikonstruktsioonide läbikülmumine, mis omakorda lühendab tarindite eluiga.

Osade keldriruumide puhul on ka probleemiks ruumide ebapiisav kõrgus, mida lakke paigaldatav soojustuskiht vähendab. Arvestada tuleb ka sellega, et keldrilae lisasoojustuseks kasutatav materjal peab olema mittepõlev, et ei süvendaks probleeme kui keldris peaks juhtuma tuleõnnetus.

Variant 2. Sokli soojustamine.

Soklikonstruktsiooni soojustamise tulemusena vähenevad keldriruumide välisjahtumise kaod, ja keldri sisetemperatuur hakkab kasvama. Sisetemperatuuri tõusuga koos vähenevad soojusvood läbi I korruse põranda ning läbi tehnosüsteemide isolatsiooni. Keldritorustike jahtumiskadude vähendamiseks parendatakse ka torustike soojusisolatsiooni. Selle kõige tulemusena kujuneb samuti välja uus tasakaaluolukord. Samas peab keldris hoitava sisetemperatuuri puhul jälgima, et keldritemperatuur ei jääks liiga madalale tasemele (alla 10°C), mille tulemusena tekib ebamugavus esimese korruse korterites.

Hoone soklisein ja panduseosa



Sokliosa soojuspidavuse tagamiseks tuleb paigaldada vähemalt 100 mm paksune väline lisasoojustuskiht (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põranda taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,34 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

Sokliosa soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 8,5 tuhat € ning aastane kütteenergiäsääst on 5 MWh/a. Investeeringu lihttasuvusajaks kujuneb ca 22 aastat.

NB! Antud kalkulatsioonid lähtuvad üksnes sokliosa soojuslikust režiimist. Kuivõrd hoone vundament ja sokkel on pinnaseniiskuse seisukohalt kriitilises piirkonnas asuv konstruktsiooniosa, siis riskid on seoses niiskuse liikumisega vundamendi konstruktsioonis. Kuna vundamendi taldmik ei ole olemasolevate hoonete puhul niiskuslikult pinnasest eraldatud, siis toimub kapillaarniiskuse püsiv tõus mööda vundamenti kuni soklini välja, kust toimub aurumine väliskeskkonda. Kui sokkel soojustada, siis soojustus moodustab täiendava takistuse auru liikumise teele. Sellest lähtuvalt on oht, et sokli soojustamise tulemusena võib vundamendi ja soklikonstruktsiooni niiskusrežiim saada häiritud. Osad allikad soovivad seetõttu kategooriliselt sokli soojustamist vältida. Kogemused hoonete inspekteerimisega kinnitavad aga, et õnneks see probleem ei ole valdav, kuid seda siiski esineb. Probleeme esineb eelkõige nendes hoonetes, kus üldine pinnasevee tase on kõrgem või ei ole sadeveed hoonest efektiivselt eemale juhitud. Sellistes hoonetes on probleemid niiskusega enamasti keldrites jälgitavad ka ilma sokli lisasoojustamiseta.

Kokkuvõtteks võib öelda, et hoones energiasäästu saavutamiseks keldri soojuskadude vähendamise kaudu on efektiivsemaks lahenduseks sokliseina lisasoojustamine (tehniliselt lihtsam teostada, väiksem maksumus ja lühem tasuvusaeg ning soojustamisest tulenevate võimalike probleemide väiksem tõenäosus). Nimetatud põhjusel on käesolevas töös hoone renoveerimispakettidesse säästumeetmena valitud sokliseina lisasoojustamine.

3.1.4 Aknad

Vanemat tüüpi kahe eraldiseisva klaasiga akende soojusjuhtivus on minimaalselt $U=2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, millele lisanduvad akende ebatihedusest tingitud soojuskaod. Akende soojuspidavust aitavad parandada kardinatega ja ruloode kasutamine, mille tõttu on „vanatüübi“ akende efektiivseks soojusjuhtivuseks hinnatud $U=2,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Akende vahetamine kaasaegsete pakettakende vastu viib nende soojusjuhtivuse väärtusele $U=1,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (soovitavalt $1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). Ülevaatusel ajaks oli kortermaja akendest ~89% vahetatud.

Vanatüübi puitaken

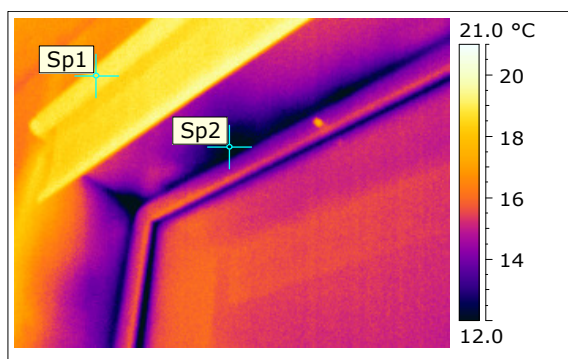


Paigaldatud uus pakettaken



Vanade puitakende vahetamisel kitsa piidaga pakettakende vastu tekitab oht, et kitsa piida kõrvale jääb seinasse külmasild, mis enne oli parema soojapidavusega ja laiema puitpiidaga kaetud. Hoonete termograafilisel ülevaatusel on tihti näha, et uute, paigaldatud akende ümbrus on külmal ajal külm ja märg.

aken



File name	IR_2221.jpg
Sp1 Temperature	18.9 °C
Sp2 Temperature	11.8 °C

Külmasild aken-sein liitekohas
Sp2 temperatuuriindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,64$,
hallituse tekkeoht

Nimetatud külmasilla katmiseks on peale uue akna paigaldamist vaja soojustada aknapõsed väljastpoolt 2-3 cm paksuse soojustuskihiga ja viimistleda. Veelgi tõhusama lahenduse saab, kui hoone soojustamise käigus kõik aknad tõsta väljapoole e. soojustuskihi 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.

Alternatiivina väljavahetamisele võib vajadusel kaaluda akende põhjaliku korrastamist (klaaside hermetiseerimine silikooniga, tihendite paigaldamine, aknapiida ja seina vaheliste vahede tihendamine). Sellised tööd tasub ette võtta, kui akna puitosa on alles korralik. Nii tuleb tööde maksumus oluliselt odavam, kuid võimalik on saavutada mõningast soojuspidavuse tõusu.

3.1.5 Välisüksed.

Maja ehitusaegsed esikülje välisüksed on hilisema renoveerimise käigus välja vahetatud. Välisuste keskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt suurusjärgus $U \sim 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Uksed on aja jooksul kulunud ning vajavad ilmselt väljavahetamist uute ja soojapidavamate vastu.

Välisüksed



Soojuskadu läbi antud piirdeosa oleks võimalik vähendada uste vahetamisel soojapidavamate vastu ($U \approx 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

Kindlasti peab jälgima kõikidel ustel sulgurite ja tihendite korrasolekut, et soojuskaod ei suureneks ka tänu uste ülemäärasele lahtiolekule.

3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Sõltuva ühendusega ülaltjaotusega küttesüsteem	Soovitav rajada uus altjaotusega kahetoru-küttesüsteem
Soojussõlm	Segamissõlm	Soovitav rajada uus soojusvahetitega soojussõlm
Soojussõlme automaatika	Danfoss ECL Comfort 100M	
Kütte ajamitega reguleerimisventiilid	Danfoss AMB 162 DN 25	
Küttesüsteemi ringluspump	Biral	Pumba võimsus 245 W
Soojuse arvesti	Kamstrup Multical 601 Q=2,5m³/h	
Sooja tarbevee valmistamine	Lokaalsed elektriboilerid	
Torude isolatsioon		
Soojussõlm	Katmata	Katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30mm
Kaugküttetorustik	Katmata	
Magistraaltorud	Keldris mineraalvill, kips kattega, kohati katmata. Pööninglael osaliselt villkoorikud Al kattega ning mineraalvill kipskattega	Katta villkoorikutega, keldris kihipaksus vähemalt 30mm, pööninglael 50mm
Küttepüstikute torud	Katmata	Katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30mm
Küttesüsteem		
Küttekehad	Malmribiradiaatorid	
Tasakaalustusventiilid	Paigaldatud VIR seadeventiilid pööningul	Seadistada vastavalt küttesüsteemi tasakaalustusprojektile
Radiaatoriventilid	Puuduvad	Soovitav paigaldada termostaatventiilid

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust linnavõrgust tsentraalselt. Tarnija on Kunda Vesi AS.

Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektriboileritega korterites. Hoone olmekanalisatsioon juhitakse linnavõrku.

Hoone tarbevee- ja kanalisatsioonitorustikud vajavad renoveerimist.

Kanalisatsiooni- ja veetorud keldris



Soovitav on elanikel kaaluda tsentraalse soojatarbevee valmistamissüsteemi väljaehitamist. Kaugkütte baasil toimiva soojaveesüsteemi (koos soojussõlmega) rajamise investeeringu orienteeruvaks maksumuseks on ~8500 € ning kaugkütte odavamast energiahinnast tulenev rahaline sääst ~900 €/a (investeeringu lihttasuvusaeg on hinnanguliselt 9 aastat).

Üheks energiasäästuvõimaluseks on ka sooja dušši- ja vannivee energia taaskasutamine.

Sobiva pesuvee temperatuuri saavutamiseks tuleb segada omavahel kuuma vett hoone kuumavee süsteemist ning külma vett hoone külmavee süsteemist. Mida madalam on veetrassist tuleva külma vee temperatuur, seda rohkem tuleb kuuma vett sobiliku temperatuuriga pesuvee segamiseks kasutada.

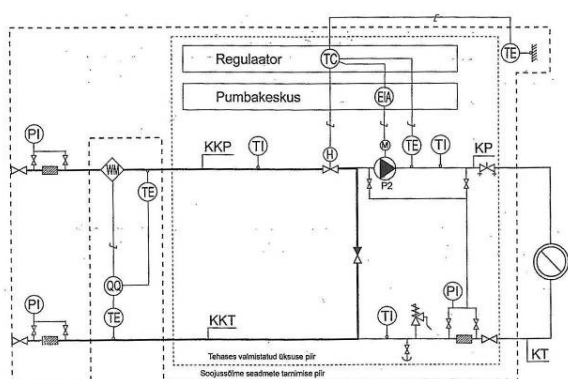
Heitvees sisalduva soojuse taaskasutamiseks paigaldatakse soojusvaheti, milles soojustagastus rakendub **samaaegse** sooja heitvee **äravoolamise** ja tarbitava külmavee **pealevoolu** tingimustes. Heitvee äravoolul asetsev soojusvaheti võtab soojust äravoolu suunatud soojast veest ning kannab selle üle segistisse minevale külmale veele (toimub segistisse juhitava külmavee temperatuuri tõus). Tänu eelsoojendatud külma vee kasutamisele läheb soovitud pesuvee temperatuuri saavutamiseks vaja väiksem kogus kuuma vett maja kuumavee süsteemist. Soojusvaheti abil on võimalik saavutada kuumavee kulu vähenemist ~25% ning arvestades seadme orienteeruvat maksumust (~ 350 €) on agregaadiga tasuvusaeg suurusjärgus ca 5 aastat.

Lisaks on nii sooja kui ka külma pesuvee tarbimist võimalik vähendada paigaldades segistitele ja duššiotsikutele aeraatorlahendusega difuusorid. Antud lahendust nimetatakse Airpower tehnoloogiaks, mis imab õhku veevoolu sisse loomuliku tsirkulatsiooni kaudu. Segisti- või duššiotsikus segatakse veele juurde õhku, mis tagab mõnusa ning koheva veejoa, kuid säästab sealjuures vett luues efekti ohtrast (tegelikult tarbitava vee kogus ~40% väiksem „tavapärasest“) veevoolust.

3.4 Küttesüsteem

Kütteautomaatikaga varustatud soojussõlme (kütteeve segamissõlm) põhimõtteline skeem:

PÕHISKEEM Automaatikaseadmetega segamissõlm



Hoone varustamine kütteenergiaga toimub kaugkütte baasil toimiva keskküttesüsteemi abil. Soojussõlm on varustatud välisõhu temperatuurianduri ja kütteautomaatikaga.

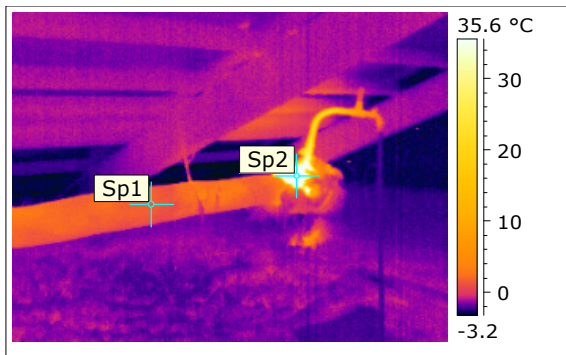
Kütteeve temperatuurireguleerimine toimub läbi segamissõlme.

Kütteeve temperatuurijuhtimine toimub välistemperatuurianduri signaali alusel ning etteantud küttegraafiku alusel.

Kütteeve pealevoolumagistraalid asuvad maja pööningul välisõhus. Olemasolevad pööningul paiknevad küttemagistraalid on kaetud osaliselt alumiiniumkattega villkoorikutega ning põhiosas ehitusaegse mineraalvilla ning kips/ruberoidkattega.

Arvutuste kaudu antud kaudsel hinnangu põhjal on pööningul paiknevate küttemagistraalide välisjahtumisest tingitud soojuskadu väliskeskkonda ligikaudu 6 MWh/a.

Kütteeve toru



File name	IR_2249.jpg
Sp1 Temperature	1.7 °C
Sp2 Temperature	38.6 °C

Sp2 isolatsioonita toruos

Keldris paiknevad küttemagistraalid on kaetud mineraalvill/ruberoidkattega ning osaliselt on torustikud isolatsiooniga katmata.

Keldrimagistraalid keldris



Küttepüstik pööningul VIR seadeventiiliga



Vähendamaks küttemagistraalide jahtumiskadusid optimaalse tasemeni, peab kogu torustik olema kaetud vähemalt 30 mm (keldris) ning 50mm (pööningul) paksuste villkoorikutega.

Peale hoone välispiirete renoveerimist-soojustamist tuleb küttesüsteem seadistada vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Vastasel korral võib oodatav energiasääst asenduda suuremal või vähemal määral ruumide ülekütmisega.

Küttepüstikutele on paigaldatud VIR tasakaalustusventiilid. Korterite lõikes sisetemperatuurid erinevad (esineb nii üleköetud kui ka alaköetud kortereid) suurtes piirides, mis viitab küttesüsteemi tasakaalustamatusele. Probleemi lahenduseks on kogu küttesüsteemi seadistamine vastavalt ruumide soojusvajadusele. Võimaldamaks küttesüsteemi häälestamist vastavalt hoone soojusvajadusele tuleb koostada küttesüsteemi tasakaalustusprojekt. Projektile vastavalt häälestatakse seadeventiilide abil välja püstikutes vajalikud küttevee vooluhulgad.

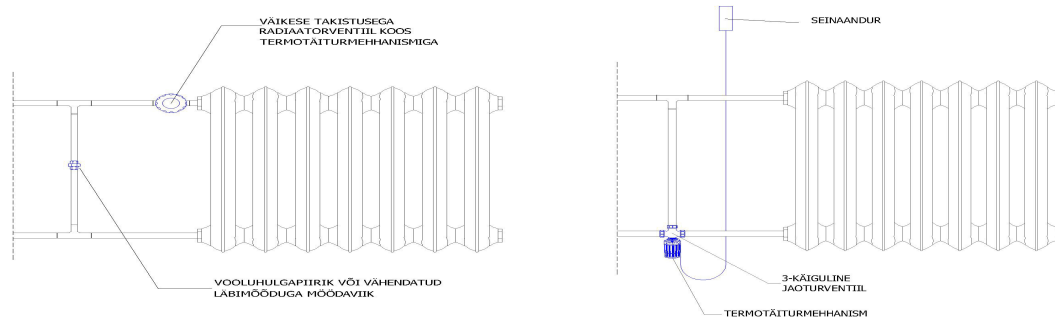
Kasutusel on hoone ehitusaegsed malmribiradiaatorid.

Olemasolevad malmribiradiaatorid



Kütteradiaatoritele on puuduvad automaatselt reguleeritavad radiaatorventiilid. Vabasoojuse efektiivsemaks ärakasutamiseks ning ruumides pidevalt ühtlase sisetemperatuuri hoidmiseks tuleb paigaldada kõikidele radiaatoritele termostaatregulaatoritega varustatud radiaatorventiilid.

Ühetorusüsteemis küttesüsteemile regulaatorite paigaldamise alternatiivid:
 Radiaatorventiilid möödaviiguga 3-käiguline jaoturventiil



Alternatiiviks olemasoleva küttesüsteemi täiustamisele on olemasoleva küttesüsteemi asendamine uue reguleerimiseadmetega varustatud kahetorusüsteemiga. Selline rekonstrueerimine on otstarbekas siis, kui kütetorustiku amortiseerumise tõttu on vajalik ulatuslikult torustikku ja küttekehi asendada. Uue küttesüsteemi väljaehitamisel tuleb järgida järgmiseid põhimõtteid:

- Kogu magistraaltorustik viiakse keldrikorrusele;
- Püstikud varustatakse seadeventiilidega ja häälestatakse vajaduspõhiselt välja
- Küttekehad varustatakse ruumi tasandil reguleerimist võimaldavate termostaatventiilidega
- Küttekehad ühendatakse omavahel kahetorusüsteemis

Sellisel juhul on ilmselt kõige efektiivsem lahendus paigaldada kütteradiaatoritele uut tüüpi radiaatorventiilid, mis sisaldavad endas nii termostaatventiili kui ka diferentsiaalrõhu regulaatorit (näiteks Danfoss: „DynamicValve“ RV-DV). Selline rekonstrueerimine on otstarbekas siis, kui kütetorustiku amortiseerumise tõttu on vajalik ulatuslikult torustikku ja küttekehi asendada.

Küttesüsteemi efektiivse toimimise tagamiseks tuleb küttesüsteemi ka regulaarselt hooldada. Puhta ehk settevaba küttesüsteemi radiaatorite soojusväljastus on ettenähtud (projekteeritud) tasemel, samuti on küttesüsteemis tagatud normaalselt toimiv veetsirkulatsioon (häälestatud-seadistatud küttesüsteem püsib tasakaalus, pumpamiskulud on optimaalsel tasemel).

Küttesüsteemi puhastamiseks on erinevaid võimalusi:

- küttesüsteemi mehaaniline läbipesu (perioodiliselt eemaldatakse veetrakti aja jooksul kogunenud setted)
- küttesüsteemis keemiliselt töödeldud vee kasutamine (vähendab setete teket, korrosiooni)
- küttevee elektromagnetiline töötlemine (vältib jooksvalt setete tekkimise ja korrosiooni ning eemaldab aja jooksul juba ka eelnevalt küttesüsteemi kogunenud setted)

Majas kasutusele võetava hooldusmeetodi valik sõltub oluliselt rahaliste vahendite kasutamise võimalustest. Samas tuleb aga arvesse võtta ka valitava meetodi efektiivsust just küttesüsteemi pideva töövõime säilimise seisukohast.

3.5 Ventilatsioonisüsteem

Kvaliteetse sisekliimaga eluruumide optimaalseks õhuvahetuse kordsuseks loetakse 0,5 1/h.

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,28 1/h näitab, et hoone tervikuna on alaventileeritud.

Korterite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on kõrgenenud toaõhu niiskus, mis külmadele pindadele (näiteks seintele, lagedele, akendele) kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Siseruumide õhku eralduva CO₂ hulk sõltub ruumis viibivate inimeste arvust, nende kehalisest aktiivsusest jne.

Maja ülevaatuse ajal oli kasutuses olevate eluruumide õhus CO₂ sisaldus vahemikus 990 -1308 ppm (elanike arv 1-2 korteri kohta). Kvaliteetse siseõhu indikaatornäitajaks loetakse õhus sisalduva CO₂ koguse maksimumväärtust 1000 ppm.

Kuna külastatud korterite kasutuskooormus oli inspekteerimise hetkel suhteliselt madalal tasemel, siis võib eeldada, et inimeste arvu suurenedes (elanike arv 3 ja enam korteri kohta) halvenevad ruumide sisekliimanäitajad olulisel määral.

Ventilatsioonisüsteem on hoone ehitusaegne ja loomuliku väljatõmbega. Välisõhu juurdevool oli ette nähtud toimuma läbi akende ja uste ebatiheduste. Ventilatsiooniõhu väljatõmme toimub ventilatsioonilõõride kaudu.

Ventilatsioonilõõri väljatõmbeava ruumis



Akende vahetuse käigus vähendatakse olulisel määral nende õhuläbilaskvust ning aja jooksul ummistuvad ka väljatõmbelõõrid. Osaliselt on ka ventilatsioonilõõride väljatõmbeavasid elanike poolt suletud. See on ka peamiseks põhjuseks, miks hoone õhuvahetuskordsus jääb alla nõutava taseme. Lihtsaimaks viisiks õhuvahetusega seonduvate probleemide vältimiseks on elanike teavitamine ja vajaliku õhutamise intensiivsuse tagamine siseruumides. Praktikas ei anna see siiski enamasti kvaliteetset tulemust.

Ventilatsiooniõhukorstnen pööningul



Hoone normaalse õhuvahetuse tagamiseks ja säilimiseks tuleb olemasolevaid õhu väljatõmbelõõre perioodiliselt puhastada, samuti tuleb kontrollida ventilatsioonilõõride ja korstnate tehnilist korrasolekut.

Loomuliku väljatõmbe toimimiseks peavad ventilatsioonilõõride ja -korstnate seinad olema õhutihedad-pragudeta, samuti on määrav katusel asuvate korstnate „töötava“ osa kõrgus (kõrgem korsten suurendab loomuliku ventilatsiooni väljatõmbeefekti).

Lisaväljatõmbeavaga köögikubuiühendus lõõriga

Võimaldamaks köögis asuva ventilatsioonilõõri kaudu ventilatsiooniõhu loomuliku väljatõmbe pidevat toimimist on soovitatav pliidikubu väljaviskekanal ühendada n.ö. „kahesüsteemsena“.

Pakettakendesse või välisseintesse on soovitatav paigaldada reguleeritavad värskõhuklapid. Hädapärase lahendusena saab ka eemaldada ilma tuulutuspiludeta akendelt ülaservast osa tihendist, et luua võimalus loomuliku ventilatsiooni pidevaks toimimiseks, kuid tulemus on kontrollimatu ja enamasti ka ebapiisav.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värsk õhu soojendamiseks ca. 31 MWh/a, (praeguse alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 17 MWh/a). Seega õhuvahetuse intensiivistamisel (ilma soojustagastuseta tehnilised lahendused) tuleb arvestada asjaoluga, et suurenevad kütteenergiakulud siseneva külma värsk välisõhu soojendamiseks.

Kütteenergia kokkuhoiu saavutamiseks ventilatsioonienergia arvelt, ilma sisekliima kvaliteeti kahjustamata, tuleb hoonesse paigaldada ventilatsiooniõhu soojustagastusseadmed. Ventilatsioonienergia soojustagastusseadmed võimaldavad teostada eluruumide õhuvahetust optimaalsete kütteenergiakuludega. Võimalik on valida lokaalselt toimivate seadmete või tsentraalse õhutrakte ja ventilatsiooniagregaatide sisaldava ventilatsioonisüsteemi vahel.

Lokaalsete seadmete korral paigaldatakse igasse korterisse individuaalse üksusena toimiv agregaatide komplekt. Korteripõhiste ventilatsioonilahenduste hulgast on võimalik valida lihtsamate (soojustagastusseadmed eluruumide välisseinas ilma õhujaotustorustiketa) või keerulisemate (soojustagastusseade tehnilises ruumis ning õhujaotustorustikud eluruumidesse). Õhujaotustorustikega süsteemi puhul on võimalik alandada ventilaatorite tekitatavat mürataset (ventilaator asub ventileeritavast ruumist kaugemal ehk n.ö. tehnilises ruumis).

NB! Eesti Vabariigi Valitsuse määruses nr.23, „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused“, (vastu võetud 20.03.2015.a.) välja toodud tingimuste üheks osaks on ka nõue ventilatsioonisüsteemide maksimaalsele **müratasemele**.

Käesolevas energiaauditis on *Säästumeetmete pakett III* puhul arvesse võetud lihtsama ehk õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteemi maksumust. Nimetatud süsteemidel on kõrge soojustagastuse efektiivsus, samas aga on ületab nende müratase maksimaalsel töörežiimil EV määruses nr.23 tingimustes etteantud müranivood 25 dB.

Keerulisemad ehk õhujaotustorustikega (*Säästumeetmete pakett IV*) ventilatsioonisüsteemid on madalama müratasemega, samas aga vastavalt ka kõrgema soetamismaksumusega.

Tsentraalselt toimiva ventilatsioonisüsteemi korral käsitletakse hoonet tervikuna, mille puhul tuleb ehitada välja nii sisse- kui ka väljapuhketrakt ning paigaldada soojustagastusagregaadid. Tehniliselt võimalikuks tsentraalse energiatagastuse lahenduseks on väljatõmbelõõridele paigaldatav soojuspumpsüsteem, kust energia suunatakse tagasi hoone küttevee või sooja tarbevee valmistamise süsteemi. Antud hoone puhul on siseruumide 0,5 1/h õhuvahetuskordsuse korral võimalik saada heitõhust hinnanguliselt 21 MWh/a soojusenergiat. Sellise soojusenergiahulga tootmiseks kulutatakse heitõhusoojuspumba (efektiivsus: COP 3) poolt elektrienergiat ~7 000 kWh/a. Soojuspumpsüsteemi sobivus ning täiendavad võimalikud

lisakulud (näiteks ventilatsioonisüsteemi väljatõmbelõõride tihendamistööde ja materjalide maksumus) tuleb läbi arutada projekteerijate ning vastava ala spetsialistidega.

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. Korterehamu 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.

Hoonesse sobivaima konkreetse tehnilise lahenduse valimiseks tuleb konsulteerida vastava ala spetsialistidega.

3.6 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri tarbijaks on soojuskeskuse- ja üldvalgustusseadmed.

Võimalusi üldelektritarbimise vähendamiseks antud auditi raames ei leitud.

3.2 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

Tabel 13

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus	Energia-sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvus-aeg	Meetme eluiga
		€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 100 €	6	519	4	20
Küttesüsteem	Kütteevee magistraaltorude isoleerimine	2 500 €	7	575	4	30
Küttesüsteem	Radiaatoritele termostaatventiilide paigaldamine	8 100 €	6	519	16	30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine ja uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	8 500 €		975	9	30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	4 000 €	-14	-1 182		30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	25 000 €	19	1628	15	30
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	57600	19	1645	35	40
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	27 000 €	17	1485	18	40

Hoone renoveerimise (välispiirete soojustamine, ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine) järgselt peab küttesüsteemi seadistama vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Küttesüsteemi õige seadistamine on soojustustööde tulemusena energiasäästu saavutamise eelduseks.

Küttesüsteemi seadistamine toimub küttesüsteemi häälestusprojekti alusel. Projekti põhjal saab küttetorustike seadeventiilide abil välja häälestada vajalikud kütteevee vooluhulgad ning tulemuse ka üle mõõta.

Täiendavalt, hinnanguliselt 5%, on võimalik kütteenergiat kokku hoida, lisades kõikidele radiaatoritele automaatsed termostaatventiilid. Samas annavad termostaatventiilid olulise mugavustõusu, võimaldades igas toas välja häälestada elanikele enim meeldiva temperatuuri. Kevadkuudel, kui päikeseenergia küttele olulist lisa annab, võimaldavad just termostaatventiilid efektiivselt energiat kokku hoida. Õhuvahetuse reguleerimiseks saab paigaldada hoone välisseintesse värskõhuklapid, millede abil on võimalik tagada ventilatsiooniks vajaliku välisõhu juurdepääs eluruumidesse. Tabelis 13 on toodud arvestuslik kütteenergiakulu aastas optimaalse (vähemalt 0,5 l/h) õhuvahetuse tagamisel praeguse olukorraga (alaventileeritus) võrreldes.

Hoone ventilatsiooni väljatõmbeõhu energiatagastus võimaldab olulisel määral kütteenergiat säästa. Soojustagastusseadmetes kasutatakse väljatõmbeõhust saadavat energiat eluruumidesse

sissepuhutava värsket külma õhu soojendamiseks, teise variandina saab energia suunata tagasi hoone küttevee või sooja tarbevee valmistamise süsteemi. Tabelis 13 arvatud säästuväärtus aastas ventilatsioonienergiatagastusele on arvestatud olukorrale, kus korterites on eelnevalt tagatud optimaalne (vähemalt 0,5 l/h) õhuvahetuskordsus. Konkreetne tehniline lahendus sõltub antud hoone eripärasid ja võimalusi arvestades ning ka omanike soovist lähtuvalt.

3.3 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

Normaalse elutegevuse käigus tekib ja kasutatakse energiat, 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 kütteenergiat 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 14

Köetav pind	773	m ²
Eluruumide pind	708	m ²
Elanike arv	25	
Inimese soojuseraldus	125	W
Kohaloleku profiil	0,6	

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

Tabel 15

	Hinnanguline vabasoojus			Mõõdetud vabasoojus		Vaba-soojus kokku	Vaba-soojus-koormus
	Päikese eritootlikku	Päikese soojus	Inimeste soojus	Olme-elekter	Pliidigaas		
	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh		Φ _{VS} , kW
Jaauar	0,8	0,6	1,4	1,8		3,8	5,1
Veebruar	1,7	1,3	1,3	1,8		4,4	6,5
Märts	4,4	3,4	1,4	2,5		7,3	9,8
Aprill	4,5	3,5	1,4	1,9		6,7	9,3
Mai	5,6	4,3	1,4	3,1		8,8	11,9
September	3,4	2,6	1,4	1,0		5,0	6,9
Oktoober	1,6	1,2	1,4	1,4		4,0	5,4
November	0,7	0,5	1,4	2,5		4,4	6,1
Detsember	0,3	0,2	1,4	1,7		3,3	4,5
Kokku	23,0	17,8	12,3	17,8		47,8	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						67,6	7,3

Kogu hoones genereeritud vabasoojuse kasutamise tase sõltub küttesüsteemi automatiseerituse astmest. Kuna vabasoojus ei eraldu ajaliselt ja ruumiliselt ühtlaselt, peab küttesüsteem vabasoojuse efektiivseks ära kasutamiseks reageerima koheselt vabasoojuse eraldumisele ja samapalju antud ruumiosas vähendama majja antavat soojusenergiat. Väljas asuva temperatuurianduriga automaatse soojussõlme ja ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi korral on vabasoojuse kasutustegur 0,5. Kui radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,7.

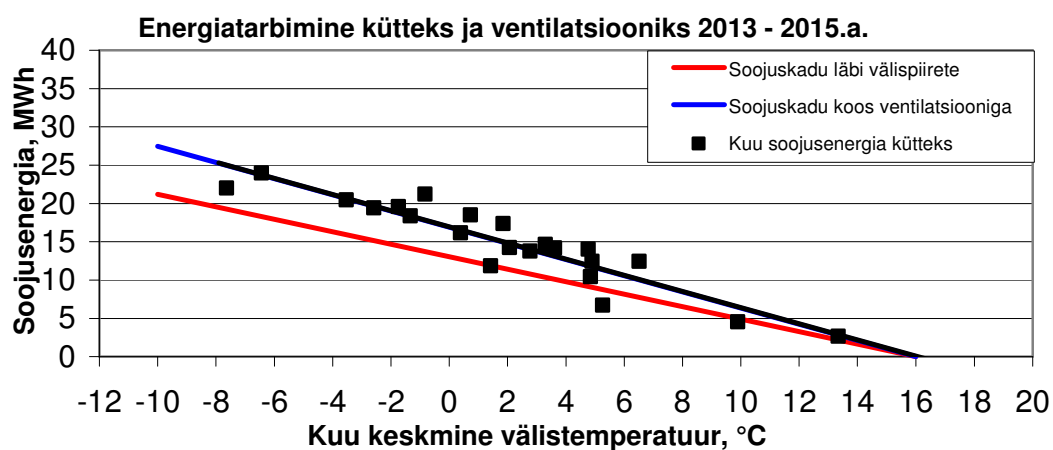
Tabel 16

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed			
			Pakett I	Pakett II	Pakett III	Pakett IV
Arvutuslik vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Vabasoojuse kasutustegur		0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	3,6	3,6	4,7	5,1	5,1
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	1,13	0,60	0,60	0,60	0,60
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,28	0,50	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,19	0,34	0,34	0,15	0,13
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	1,32	0,93	0,93	0,75	0,72
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{vs} / H$	°C	2,8	3,9	5,1	6,9	7,0
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	16	17	16	14	14

Hoone arvutuslik tasakaalutemperatuur on 16°C. Maja kogu köetava mahu keskmiseks temperatuuriks kujuneb $\approx 19^\circ\text{C}$.

Hoone tasakaalutemperatuuri määramine graafilisel meetodil:

Joonis 9



4. Kokkuvõte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorra ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest tulenevate säästumeetmete põhjal on hoone kohta koostatud neli säästumeetmete paketti.

Pakettide koostamisel on lähtutud põhimõttest, et paketis sisalduvad meetmed peavad tagama omavahel säästu saavutamist ja ideaalis sünergia tõttu tekitama üksikmeetme rakendamisest suurema energiakokkuhoiu.

Säästumeetmete paketi valikul on soovitatav tutvuda ka ***Sihtasutus Kredex*** poolt pakutavate kortermajade rekonstrueerimistoetuste tingimustega.

Vastavalt rekonstrueerimistoetuste määradele tuleb täita kindlad nõudmised nii välispiirete soojuspidavuse kui ka eluruumide õhuvahetuse osas. Säästumeetmete kompleksse teostamise tulemusena peab hoone saavutama kriteeriumiks seatud vastava energiatõhususklassi ning ka eluruumides kvaliteetse sisekliima.

4.1 Säästumeetmete paketid

Säästumeetmete pakett I – sisaldab vajalikke meetmeid, et muuta elamistingimused kogu hoones paremaks ning saavutades sealjuures ka energiasäästu. Soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja soklisein. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Õhuvahetus intensiivistatakse vajalikule tasemele. Küttemagistraalide isoleerimine. Küttesüsteem seadistatakse vastavalt hoone soojusvajadusele. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 17°C.

Tabel 17

t_B= 17 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 200 mm	3 200 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	16 000 €				30
Pikivälisseina d	Lisasoojustus 150 mm	39 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	3 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	8 500 €				30
Välisüksed	Asendamine uute soojapidavamate ustega	2 000 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 100 €				20
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	4 000 €				30
Küttesüsteem	Küttevee magistraalitorude isoleerimine	2 500 €				30
Kokku		80 300 €	31	2 598	31	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 98 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 24% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 127 kWh/m²a.

Väljatõmbeventilatsiooni elektrikulu hinnanguliselt ~2200 kWh/a.

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistöde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi F (arvutuslik).

Säästumeetmete pakett II – hoone energeetiline saneerimine, mille käigus teostatakse järgmised tööd: soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosa. Hooned vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Õhuvahetus intensiivistatakse vajalikule tasemele. Paketi realiseerimise raames rajatakse uus kahetoru-keskküttesüsteem. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 16°C.

Tabel 18

$t_B = 16\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 200 mm	3 200 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	16 000 €				30
Pikivälisseinad	Lisasoojustus 150 mm	39 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	3 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	8 500 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 100 €				20
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	4 000 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	25 000 €				30
Kokku		102 800 €	42	3 589	29	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 86 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 33% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi paraneb korterites sisekliima. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 112 kWh/m²a.

Väljatõmbeventilatsiooni elektrikulu hinnanguliselt ~2200 kWh/a.

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi E (arvutuslik).

Säästumeetmete pakett III — hoone täielik energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosa. Hooned vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Ehitatakse välja tsentraalne soojaveesüsteem koos soojussõlmega. Paketi realiseerimise raames rajatakse uus kahetoru-keskküttesüsteem. Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem (ventilatsioonisüsteem ilma õhujaotustorustikuta). Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14°C.

Tabel 19

t_B = 14 °C	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 200 mm	3 200 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	16 000 €				30
Pikivälisseinad	Lisasoojustus 150 mm	39 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	3 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	8 500 €				30
Välisüksed	Asendamine uute soojapidavamate ustega	2 000 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 100 €				20
Küttesüsteem ja soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine ja uue soojussõlme paigaldus	8 500 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	25 000 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	27 000 €				40
Kokku		134 300 €	68	7 037	19	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 60 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 53 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 78 kWh/m².a.

Õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~2450 kWh/a.

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi D (arvutuslik).

Säästumeetmete pakett IV — hoone täielik energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone põõninglagi, välisseinad ja sokliosa. Hooned vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Ehitatakse välja tsentraalne soojaveesüsteem koos soojussõlmega. Paketi realiseerimise raames rajatakse uus kahetoru-keskküttesüsteem. Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem (ventilatsioonisüsteem koos õhujaotustorustikuga). Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14°C.

Tabel 20

t_B= 14 °C	Säästumeetmete pakett IV	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Põõninglagi	Lisasoojustus 200 mm	3 200 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	16 000 €				30
Pikivälisseinad	Lisasoojustus 150 mm	39 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	3 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	8 500 €				30
Välisüksed	Asendamine uute soojapidavamate ustega	2 000 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 100 €				20
Küttesüsteem ja soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine ja uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	8 500 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	25 000 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	57 600 €				40
Kokku		164 900 €	70	7 176	23	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 59 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 54 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 76 kWh/m²a.

Õhujaotustorustikuga ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~4400 kWh/a.

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi D (arvutuslik).

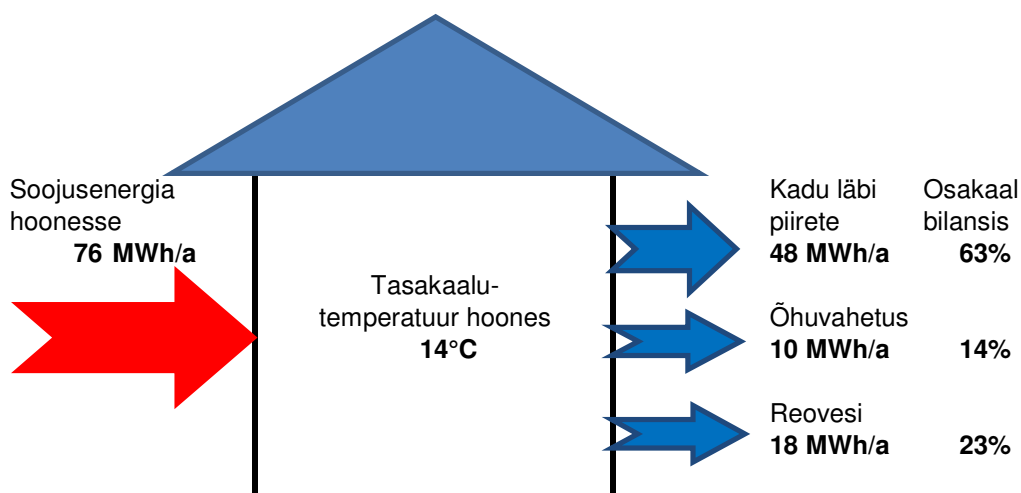
5. Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Kunda linnas, Mäe tn.3 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast soojusenergiakasutust 128 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 76 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 165 tuhat eurot ja lähiaja soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 23 aastat.

Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 10



Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise eeldatav energiabilanss:

Tabel 21

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	76	
Soojusenergia sooja vee valmistamiseks, MWh/a		18
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		48
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		10
Kokku	76	76
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,50	
	14	

Lisaks olulisele energiakulu vähenemisele on hoone energeetilise täissaneerimise tulemusena võimalik parandada hoone sisekliimat.

6. Kasutatud allikad

- 1.Hoonete energiaauditite juhend. Tallinn, 2001
- 2.EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded
- 3.EVS-EN ISO 6946:2004 Hoonete komponendid ja hoonekonstruktsioonid. Arvutusmeetod
- 4.Soovitusi energia säästmiseks EV Majandusministeerium 1998
- 5.Uuringu „Eesti eluasemefondi suurpaneel-korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ lõppraport. TTÜ, 2009
- 6.Uuringu „Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ lõppraport. TTÜ, 2010
- 7.Uuringu „Renoveeritud ja vähemalt üks aasta ekspluatatsioonis olnud elamute ehitusfüüsikalise olukorra uuring“ lõpparuanne. TTK, 2010
- 8.Eesti Kraadpäevad - Kredex <http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>

7. Lisad

6.1. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 1

Soojusenergia kaugküte, mõõdetud			
Energia			
MWh	2013	2014	2015
Jaanuar	24	22	19
Veebruar	18	19	17
Märts	20	11	14
Aprill	13	6	10
Mai	2	3	5
Juuni			
Juuli			
August			
September		2	
Oktoober	12	12	14
November	13	16	14
Detsember	18	20	17
Kokku	119	110	111

6.2. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 2

m ³	Kogu tarbevesi, mõõdetud		
	2013	2014	2015
Jaanuar	74	55	70
Veebruar	77	56	73
Märts	76	46	64
Aprill	85	46	65
Mai	78	54	64
Juuni	78	56	63
Juuli	76	52	69
August	78	60	58
September	79	67	58
Oktoober	73	66	55
November	68	60	29
Detsember	55	65	43
Kokku	897	683	711

Tabel L 3

m ³	Tsentraalne soe vesi		
	2013	2014	2015
Jaanuar			
Veebruar			
Märts			
Aprill			
Mai			
Juuni			
Juuli			
August			
September			
Oktoober			
November			
Detsember			
Kokku			

Märkus: hoones puudub tsentraalne soojaveesüsteem

6.3. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 4

kWh	Elektritarbimine korterid		
	2013	2014	2015
Jaanuar	3 955	3 320	2 776
Veebruar	3 098	3 098	3 979
Märts	3 675	2 666	5 502
Aprill	4 411	2 695	3 133
Mai	3 739	2 758	7 431
Juuni	2 447	2 077	2 532
Juuli	2 421	1 939	2 485
August	2 713	2 264	2 346
September	2 712	2 452	2 575
Oktoober	3 098	3 060	2 564
November	2 995	5 751	2 476
Detsember	3 122	3 023	2 750
Kokku	38 386	35 103	40 549

Tabel L 5

kWh	Üldelekter		
	2013	2014	2015
Jaanuar	288	260	282
Veebruar	257	266	256
Märts	237	232	257
Aprill	269	264	267
Mai	128	129	236
Juuni	20	3	7
Juuli		3	7
August	26		10
September	6	15	10
Oktoober	214	262	229
November	260	283	124
Detsember	245	271	129
Kokku	1 950	1 988	1 814