

Tellija:
Tellija kontaktisik:
Aadress:

E-post:

ENERGIAAUDIT



Tallinn, Harjumaa
8- korteriga elamu

Auditeerimise aeg:	25.03.2017
Aruanne esitatud:	22.05.2017
	EA-170503

Auditeerija ettevõte:

Aadress:

Reg. Nr.

Tel.:

E-post:

Energiaaudiitor:

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 Kütuste 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 Katuslagi	16
3.1.2 Välisseinad	17
3.1.3 I korruse põrand/ sokkel	19
3.1.4 Välisüksed.	21
3.1.5 Aknad	22
3.2 Hoone tehnosüsteemid	23
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	24
3.4 Küttesüsteem	25
3.5 Elektriseadmed	26
3.6 Ventilatsioonisüsteem	27
3.2 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	29
3.3 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	30
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	32
4.1 Säästumeetmete paketid	33
4.2 Kokkuvõte	36
4.3 Arvutusvalemid tasakaalutemperatuuride leidmisel	37
5. Kasutatud allikad	39
6. Lisad	40
6.1 Kasutatud mõõteseadmed	40
6.1. Kütuse tarbimisandmed	40
6.2. Tarbevee tarbimisandmed	41
6.3. Elektrienergia tarbimisandmed	42
7. Termograafilise ülevaatus aruanne	43

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Tallinna linnas asuva 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 esindaja poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid aastatel 2014-2016. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud märtsis 2017 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 kütusetarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Hoonet varustatakse põhiosas kütteenergiaga gaasikatla baasil toimiva keskküttesüsteemi abil, 2-s korteris on kasutusel elekterküte.

Soe tarbevesi valmistatakse korterites lokaalsete elektriboilerite ja gaasikatelde abil.

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

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

Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud lähiaastate prognoositavast kütuse maksumuse põhjal kujunevast soojusenergiahinnast 65 €/MWh ja elektrienergiahinnast 130 €/MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia (kütuste ja elektrikütte soojusenergia) keskmine kogukulu aastatel 2014-2016 on mõõdetud ja arvestatud 49 MWh/a.

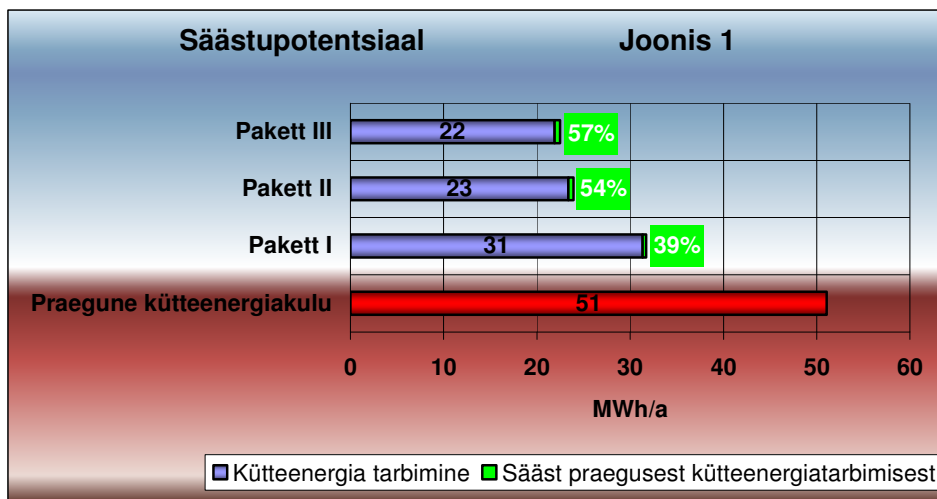
Baasaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 51 MWh/a ja lähtuvalt hoone kõigest pinnast 312 m² (eluruumid ning trepikoda) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnühikule 165 kWh/m².

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 palkidest välisseinad ja keldrilagi-sokliosa. Välisüksed vahetatakse soojapidavamate vastu. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Rajatakse 2-s korteris gaasikateldega küttesüsteem. Investeering on ca. 55 tuhat € ning aastane sääst on 20 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 43 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 39%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone palkidest välisseinad ja keldrilagi-sokliosa. Välisüksed vahetatakse soojapidavamate vastu. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega korteripõhine ning õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteem. Rajatakse 2-s korteris gaasikateldega küttesüsteem. Investeering on ca. 66 tuhat € ning aastane sääst on 28 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 37 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 54%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone palkidest välisseinad ja keldrilagi-sokliosa. Välisüksed vahetatakse soojapidavamate vastu. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse 2-s korteris gaasikateldega küttesüsteem. Hoonesse paigaldatakse õhujaotustorustikega ning energiatagastusega korteripõhine või soojustagastusega tsentraalne õhujaotustorustikega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca. 75 tuhat € ning aastane sääst on 29 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 39 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 57%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Hoone energiasäästumeetmete pakettide realiseerimise tulemusena eeldatav kütteenergiasääst:

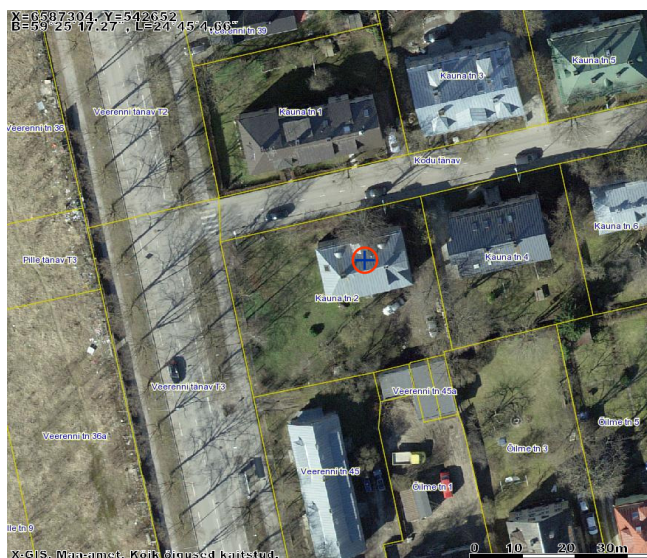
Joonis1



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 Tallinna linnas Kesklinna linnaosas

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone address:	Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa,
EHR kood:	
Ehitusaasta:	1929
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	159
Suletud netopind (EHR), m ² :	421,7
Minimaalne korruste arv:	3
Maksimaalne korruste arv:	3
Hoone maht (EHR), m ³ :	1464
Köetav pind, m ² :	312
Eluruumide pind (EHR), m ² :	271,4
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	842
Kortrite arv:	8
Tubade arv:	11
Elanike arv:	15
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

Hoone trepikojad on köetava pinna ja kubatuuri sees, osad keldriruumid on köetavad.

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Hoone vanade puitakende vahetamine uute pakettakende vastu. Uusi aknaid on 46% hoone akende kogupindalast
	Katuslae soojustamine

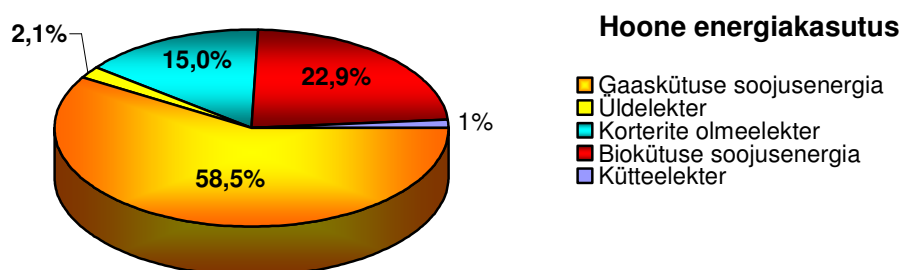
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloostus

Tabel 3

Põhiline kütteviis:	Lokaalküte, kohtküte
Soojusenergia tarnija:	Gaasikatlad, elektriradiaatorid. kütteahjud
Kasutatav kütus:	Maagaas, elekter, halupuit
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Sõltumatu ühendusega altjaotusega kahetorusüsteemid
Kütte automaatika	Katelde automaatikaplokid
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Gaasimõõtja Elster BK-G4AT
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	Puudub
Tarbevee tarnija:	AS Tallinna Vesi
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt linnavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Juhitakse tsentraalsesse linnavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Lokaalsed elektri- ja gaasiboilerid
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs akendest/ustest ning väljatõmme ventilatsioonilõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	AS Eesti Gaas, maagaas
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V

Hoones viimasel kolmel aastal tarbitud gaaskütuse ja biokütuse soojusenergia, üld- ja olmeelekter ning kütteelekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

Joonis 2



2.5 Kütuste soojusenergia kulu

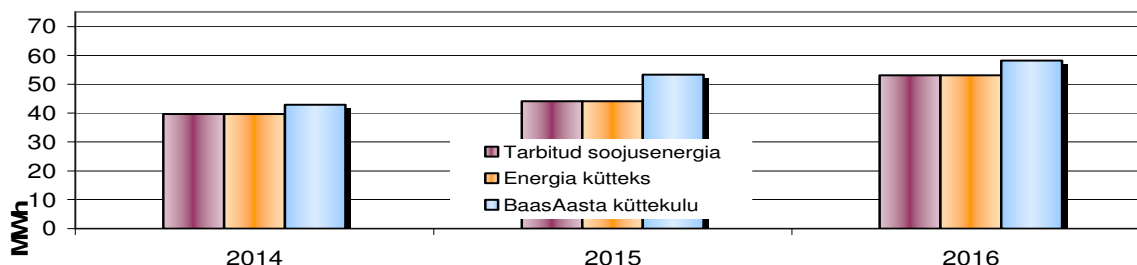
Tabel 4

Kütuse soojusenergia tarbimine	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Soojusenergia tarbimine (mõõdetud gaasikoguse järgi)	29	33	42	35	MWh/a
Soojusenergia tarbimine (hinnanguline biokütuse järgi)	14	14	14	14	MWh/a
Gaasienergia tarbimine sooja tarbevee valmistamiseks	4	5	4	4	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	38	42	51	44	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tallinn				
Kraadpäevade arv	3906	3489	3851		°C d
Baasaasta kraadpäevade arv	4220				°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	59	69	74	67	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	189	222	236	216	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	217	255	271	248	kWh/m ² ·a

Kütteenergia tarbimise graafikud

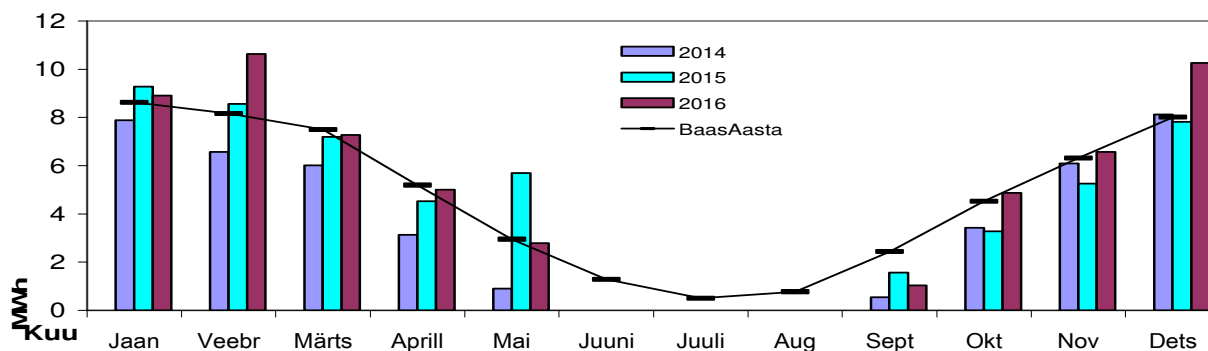
Joonis 3

Energiatarbimine aastate lõikes



Joonis 4

Taandatud kütteenergia kulu kuude lõikes



Märkus: graafikutel on kajastatud summaarne maagaasi, biokütuse ja elekterkütte soojusenergiakulu

Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju kütteenergia tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud keskmise nn BaasAasta soojustarbimise tasemele. Joonisel 4 markeerib BaasAasta kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. BaasAasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. Kütteenergia tarbimine on kuude ja aastate lõikes erineval tasemel. Kütteenergiakulu sõltub elanike poolt kütteseadmete individuaalsest soojusväljastuse reguleerimisest ja kütmise intensiivsusest. Majja antava soojusenergia kogus on sõltuvuses seadmete seadistamise sagedusest ning temperatuurireguleerimise täpsusest ja selle vastavusest välisõhutemperatuurile. Hoone energiabilansi põhjal tehtud analüüs näitab, et hoones tervikuna on kütteperioodide vältel keskmine sisetemperatuur olnud lähedane tasemele +21°C. Samal ajal on ka hoone keskmine õhuvahetuskordsus lähedal vastavale soovituslikule väärtusele. 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 niiskusereežiimi parandamiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt, kui välistemperatuur seda eeldab (tagamaks niiskuse väljakuivamise piiretest).

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist baasaastale teisendatud energiavajadust 51 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

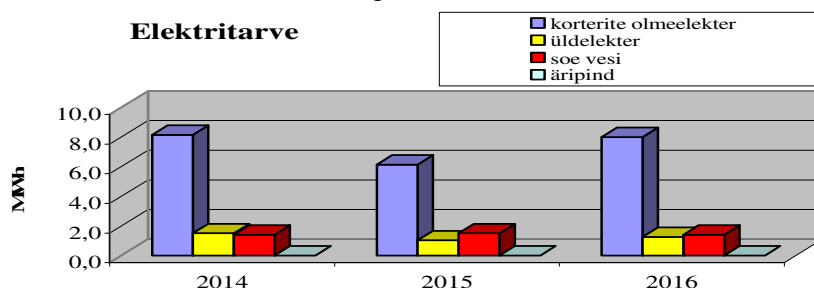
Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine	1,5	1,0	1,2	1,3	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	4,9	3,3	4,0	4,1	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	5,58	3,82	4,59	4,7	kWh/m ² ·a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	10,1	8,6	10,5	9,8	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks (hinnanguline)	1,4	1,5	1,4	1,4	MWh/a
Elektrienergia tarbimine kütteks (hinnanguline)	0,6	0,9	1,1	0,9	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tallinn				
Kraadpäevade arv	3906	3489	3851		°C d
Baasaasta kraadpäevade arv	4220				°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	0,6	1,1	1,2	1,0	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	2,0	3,7	3,9	3,2	kWh/(m ² a)
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	8,1	6,1	8,0	7,4	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	26,1	19,7	25,7	23,8	kWh/m ² ·a

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest keskmiselt 11%. Hinnanguliselt kulub kütteenergiaks 9% koguelektrienergiast.

Hoones tarbitava koguelektrienergia proportsionaalne jaotus on järgmine:

Joonis 5



Korterite olmeelektritarbimine on vaadeldava perioodi jooksul olnud kõikuva iseloomuga, selget trendi välja ei joonistu. 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

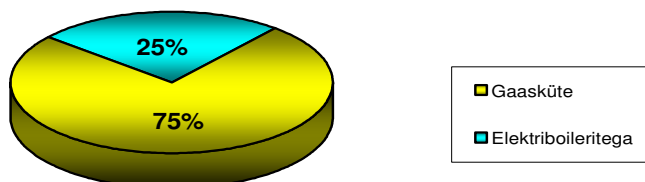
Tabel 6

Tarbevee kulu	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	243	259	243	248	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,78	0,83	0,78	0,80	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,90	0,95	0,90	0,92	m ³ /(m ² a)
Soe tarbevesi	97	104	97	99	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,31	0,33	0,31	0,32	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,36	0,38	0,36	0,37	m ³ /(m ² a)
Elektrienergia kulu vee soojendamiseks (hinnanguline)	1,4	1,5	1,4	1	MWh/a
Gaasienergia kulu vee soojendamiseks (hinnanguline)	4,2	4,5	4,2	4	MWh/a

Kogu veetarbimine kortermajas on olnud suhteliselt stabiilsel tasemel. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektri-ja gaasiboileritega korterites.

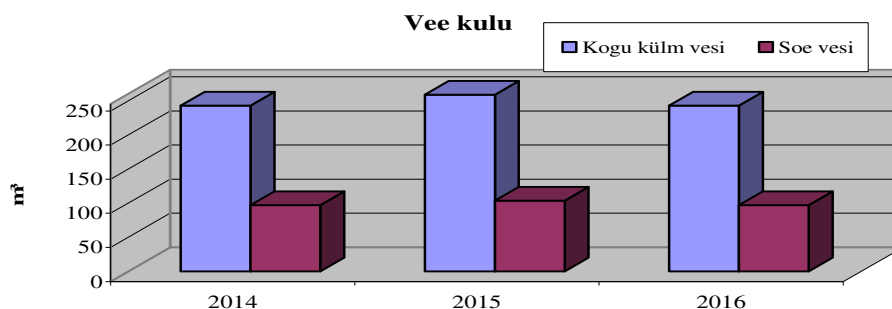
Joonis 6

Sooja vee tootmise jaotus



Soe tarbevesi moodustab kogu veekasutusest hinnanguliselt keskmiselt 40%, mis on samaväärne kortermajade keskmise näitajaga (40-50%). 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.

Joonis 7



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 17°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes baasaasta Tallinna 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
Trepikojasein	31	0,90	28	3
Välisseinad	250	0,60	150	14
Katuslagi	280	0,15	42	4
Aknad vanad	28	2,50	70	6
Aknad uued	24	1,40	33	3
Esiuks	4	1,80	6	1
Keldriuks	2	2,20	5	0,4
I korruse põrand	157	0,51	80	7
		Kokku	414	38

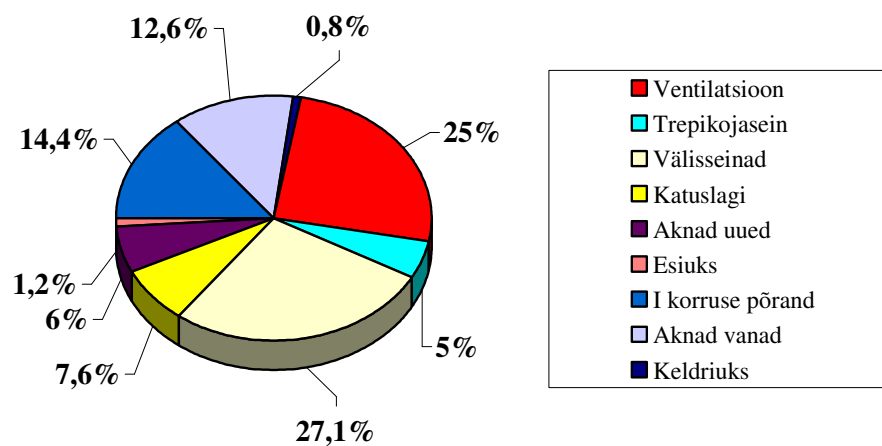
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia (kütused, elekter) tarbimine, MWh/a	51	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		38
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		13
Kokku	51	51
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,49	
Tasakaalutemperatuur, °C	17	

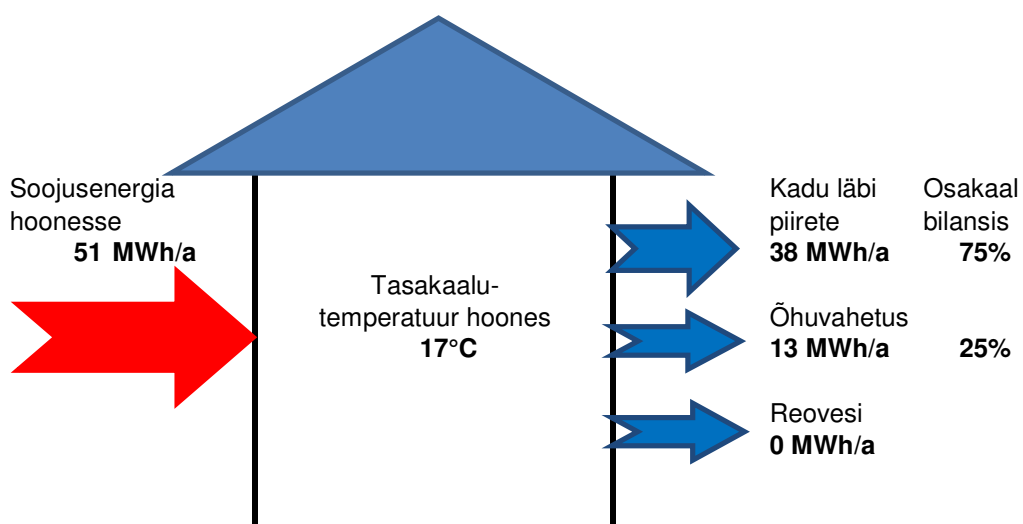
Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

Joonis 8



Hoones soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 9



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 kasutusintenstiivsus, 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 valitud korterites mõõdeti õhutemperatuuri, suhtelise õhuniiskuse ja CO₂ taset eluruumides.

Tabel 12

Mõõtmiskoht	Sisetemperatuur	Süsihappegaas, CO ₂ mahukonsentratsioon õhus	Suhteline õhuniiskus
	°C	ppm	%
Korter 1	20-21	950	38
Korter 3	18-19	900	36
Korter 5	23-24	935	37
Korter 2	22-23	975	35

Siseruumide õhutemperatuur jäi vahemikku 18-24°C, mis vastab soojusliku mugavuse klassi III nõuetele.

Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse keskmine väärtus jäi eluruumides taseme 35-38% piiridesse.

Elanikega korterite ruumiõhu CO₂ sisaldus jäi vahemikku 900ppm-975ppm. Korterid olid ülevaatusel teostamise ajal tavapärase kasutuskooormusega, CO₂ sisaldus jäi sisekliima III klassi taseme väärtuste 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				38			23	15	46 300	46
Aknad vanad	54%,vanatüübi puitraamidel aknad	28	2,50	6,4	Asendamine uute pakettakendega	1,10	2,8	3,6	4 500	19
I kor. põrand (taandatud)*	Valubetoon, lubjakivi	157	0,51	7,4	Keldrilae 100 mm ja sokli lisasoojustus 30mm	0,25	3,6	3,8	10 000	41
Välisseinad	Seinapalk, TEP plaat, krohv	250	0,60	13,8	Lisasoojustus 80 mm	0,26	6,0	7,8	30 000	59
Keldriuks	Puituks	2	2,20	0,4	Asendamine soojapidavama uksega	1,40	0,3	0,2	800	79
Esiuks	Puituks	4	1,80	0,6	Asendamine soojapidavama uksega	1,40	0,5	0,1	1 000	115
Trepikojasein	Savitellis	31	0,90	2,6	Tarindit ei renoveerita	0,90	2,6			
Katuslagi	Puittalad+soojustus	280	0,15	4	Tarindit ei renoveerita	0,15	3,9			
Aknad uued	2x klaasiga pakettaknad, puitraamiga	24	1,40	3,1	Tarindit ei renoveerita	1,40	3,1			

* 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 Katuslagi

Hoonel on uus katusekate. Hoone katuslaele on paigaldatud uus soojustuskiht (villsoojustus).

Pööninguruum



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

Hoone laepiire täiendavat lisasoojustamist ei vaja.

3.1.2 Välisseinad

Maja põhimahu välisseinad on hoone ehitusaegselt voodrilaudisega palkseinad, millele on nõukogude ajal voodrilaudade peale paigaldatud TEP plaadikiht koos krohvkatttega.

Maja välissein väline kate

ja seinakonstruktsioonid

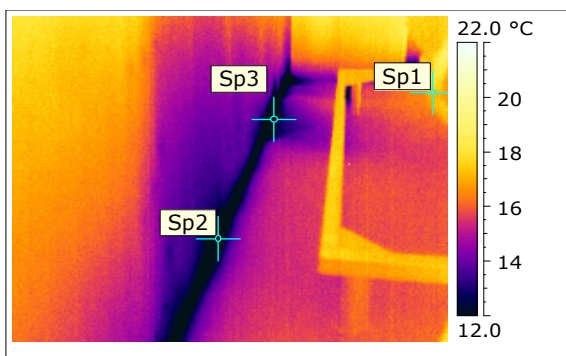


Hoone välisseinte soojusjuhtivus varieerub piirde ulatuses ning ei vasta soovituslikele väärtustele. Lisaks üldisele vähesele soojuspidavusele on kõige probleemsemad kohad välisseintel tingitud ka tuulepidavusega seoses. Külma jahutav välisõhk pääseb läbi palkseinte ebatiheduste liikuma seinakonstruktsioonide (palksein ja sisemine seinakate) vahele. Välisseinte osades tsoonides (alumise palgivöö liitekoht sokliseinaga, välisseinanurgad jms.) on vähese soojus- ja tuulepidavuse põhjuseks tõenäoliselt ka seinapalkide pehastumine/kõdunemine.

Hoone I korruse põrandate pinnatemperatuurid on madalad just hoone välisperimeetril, kus külma jahutav välisõhk pääseb läbi palkseina-põranda liitekohta ebatiheduste liikuma põrandakonstruktsioonide vahele.

Välisseintel leidub madalatemperatuurilisi külmasildasid.

Põrand- välissein tuba 1



File name	IR_6991.jpg
Sp1 Temperature	17.2 °C
Sp2 Temperature	9.7 °C
Sp3 Temperature	11.3 °C

Sp2 temperatuuriindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,49$

Sp3 külma õhu sissepuhe põrand sein liitekohas

Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone palkvälisseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U \sim 0,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis ületab EV Valitsuse määru

nr.55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded” soovitatud elamute seinakonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtust $U=0,12-0,22 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Kõige efektiivsemaks viisiks probleemide kõrvaldamisel tuleb pidada piirete välist avamist (fassaadilt krohvkatte, TEP plaadikihi ja vana voodrilauakihi eemaldamine) ning seinte renoveerimist. Amortiseerunud palgiosad asendatakse ehk plommitakse“. Välisseinte normijärgse soojuspidavuse saavutamine eeldab palkseintele vähemalt 120 mm (koos tuuletõkkehikiga) paksuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) välise soojustuskihi paigaldamist. Kui hoonel leidub ka puitsõrestikule ehitatud seinaosasid, siis renoveerimisel nendele paigaldatavate soojustuskihtide kogupaksus peab olema vähemalt 200 mm (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,037 \text{ W/m} \cdot \text{K}$).

Kõikide välisseinte soojustus tuleb katta väliselt tuuletõkkehikiga ning samuti tuleb tööde teostamisel jälgida, et moodustuksid hermeetilised ühendused kõikvõimalikes üleminekusõlmedes (piirdeosade liitekohtades: sein-aken/uks, välissein-välissein, välissein-põrand/lagi).

Maja asub miljööväärtuslikul alal, mistõttu korterelamu arhitektuuriline välisilme kuulub säilitamisele ehitusaegsel kujul ning välisseinte katmine „paksu“ lisasoojustusega on komplitseeritud. Nimetatud põhjusel ei ole maja välisseinte väline lisasoojustamine n.ö. „mahuliste“ soojustusmaterjalidega ka võimalik. Hoonetele seatud arhitektuuriliste piirangute tõttu osutub ilmselt võimalikuks paigaldada palkseintele soojustuskiht+tuuletõke kogupaksusega 80 mm (näiteks Isover RKL31 Facade, materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,031 \text{ W/m} \cdot \text{K}$).

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

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.

Maja trepikojasein on ehitatud telliskivimüüritisena, mis on kaetud värvkattega.

Maja tellistest ehitatud trepikojasein



Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone tellisvälisseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U \sim 0,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis ületab EV Valitsuse määruses nr.55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded” soovitatud elamute seinakonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtust $U=0,12-0,22 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Tellistest välisseinte normijärgse soojuspidavuse saavutamine eeldab seintele vähemalt 150 mm paksuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) välise soojustuskihi paigaldamist.

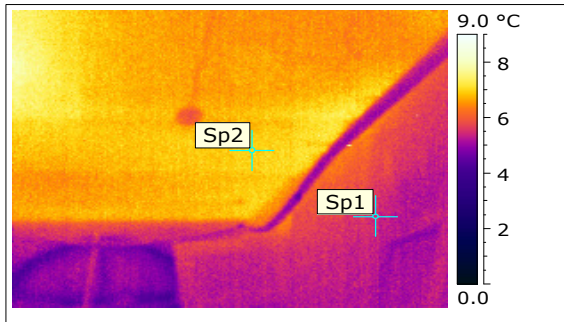
Kuna maja arhitektuuriline välisilme kuulub säilitamisele ehitusaegsel kujul, siis trepikojaseinte katmine lisasoojustusega või värviga ei ole lubatud.

NB! Antud hoone puhul tuleb välisseinte lisasoojustamise võimalused läbi arutada koostöös projekteerijatega ning muinsuskaitse spetsialistidega.

3.1.3 I korruse põrand/ sokkel

Antud maja on täiskeldriga. Hoone I korruse põrandate kandev osa on ehitatud valubetonist. Põrandate olemasolev soojustus on kohati hoone ehitusaegne, on ka elanike poolt piirdele paigaldatud täiendav soojustuskiht eluruumide poolelt.

keldrilagi



File name	IR_6989.jpg
Sp1 Temperature	5.6 °C
Sp2 Temperature	6.8 °C

Sp2 soojuslevi küttega eluruumi poolelt

Antud hoone asub miljööväärtuslikul alal, mistõttu hoone soojuskadude vähendamiseks sokliseina väline täies mahus soojustamine ei ole ilmselt võimalik. Eluruumide soojuskaot vähendamiseks tuleb paigaldada lisasoojustus I korruse põrandakonstruktsioonile.

Keldri sisetemperatuur kujuneb keldrisse suunatud ja keldrist välja suunatud energiavoogude koosmõjul. Antud hoone keldrisse satub soojusenergia läbi I korruse põrand. Keldrist välja liigub soojusenergia läbi keldri välispiirete (sokkel, vundament, keldripõrand, keldri aknad ja välisüks) ning koos sooja õhuga keldriruumide ventileerimise käigus. Sellest kõigest lähtuvalt tuleb ka keldriruumide soojuskadude vähendamist vaadata laiemas meetmete kontekstis. Arvutustes on võetud aluseks keldriruumide kogusoojusvahetus, mis on teisendatud I korruse põrandat läbivaks soojusvooks. Antud soojusvoost on omakorda tuletatud I korruse põrand taandatud soojusjuhtivusnäitaja, mis on arvutatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ning selle väärtuseks antud soojustamata hoone puhul on $U=0,51 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Kui isoleerida ära keldri lagi, siis väheneb soojusvoog läbi I korruse põrand, mille tulemusena alaneb keldriruumide sisetemperatuur. Vähenev temperatuur vähendab soojuskadusid läbi välispiirete, samuti väheneb ka ventilatsiooni õhuga keldrist väljakanduv soojusenergia hulk. Nii kujuneb keldrisse uus soojusliku tasakaalu olukord. Vähendamaks olulisel määral soojuskadusid läbi esimese korruse põrand peab keldrilae lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}}=0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) kihipaksus olema vähemalt 100mm. Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põrand taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,15 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

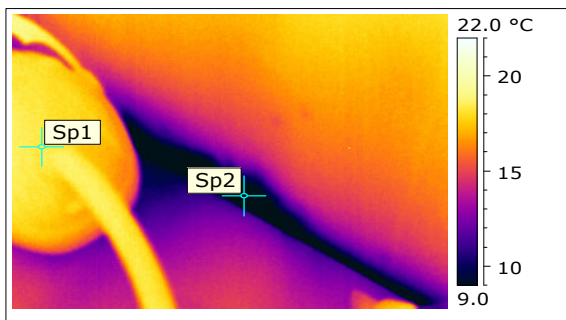
Keldrilae soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 10 tuhat € ning aastane kütteenergiäsääst on 4 MWh/a. Investeeringu lihttasuvusajaks kujuneb ca 41 aastat.

Keldrilae lisasoojustuseks kasutatav materjal peab olema mittepõlev, et ei süvendaks probleeme kui keldris peaks juhtuma tuleõnnetus.

Hoone soklisein

Põrandate välisäärtel olevate külmasildade mõju vähendamiseks ning sokliosa soojuspidavuse suurendamiseks võiks sokliosa olla kaetud vähemalt 30 mm lisasoojustusega (soojustusmaterjali erisoojusjuhtivusega $\lambda_{\max}=0,04\text{W/m}\cdot\text{K}$).

Tuba 1 välissein



File name	IR_6992.jpg
Sp1 Temperature	18.4 °C
Sp2 Temperature	7.3 °C

Sp2 temperatuuriindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,30$,
kondensaadi tekkeoht

Hoone soklisein ja panduseosa



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 soovitavad 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.

NB! Antud hoone puhul tuleb sokliosa välise lisasoojustamise võimalused läbi arutada koostöös projekteerijatega ning muinsuskaitse spetsialistidega.

3.1.4 Välisüksed.

Välisukse keskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt suurusjärgus $U \sim 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Keldriukse keskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt suurusjärgus $U \sim 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Välisuks esiküljel



Keldriuks hoovis



Soojuskadu läbi antud piirdeosade on 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.

3.1.5 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 pakettakendega viib nende soojusjuhtivuse väärtusele $U=1,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (soovitavalt $1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). Ülevaatusel ajaks oli kortermaja akendest ~46% vahetatud.

Vanatüübi puitaken



Paigaldatud uued pakettaknad



Vanade puitakende vahetamisel kitsa piidaga pakettakendega viib tekki 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. 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 akendega (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 akendega 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 akendega põhjaliku korrastamist (klaaside hermetiseerimine silikooniga, tihendite paigaldamine, aknapiida ja seinavaheliste 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.

3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	1)Sõltumatu ühendusega kahetoruküttesüsteemid 2)Elektriradiaatorid, kütteahjud	
Soojusallikad	Gaasikatlad korterites	
Soojussõlme automaatika	Katelde kütteautomaatika	
Soojuse arvesti	Gaasikulumõõtur Elster BK- G4AT	
Sooja tarbevee valmistamine	Lokaalsed elektri- ja gaasiboilerid korterites	
Küttesüsteem		
Küttekehad	Terasplekkradiaatorid, alumiinium- ja malmradiaatorid	
Radiaatoriventiiolid	Paigaldatud termostaatventiilid	

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust linnavõrgust tsentraalselt. Tarnija on AS Tallinna Vesi. Soe tarbevesi valmistatakse elektri- ja gaasiboileritega korterites.

Üheks energiasäästu võimaluseks 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 soojuste 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 agregaadid tasuvusaeg suurusjärgus 4-5 aastat.

Lisaks on nii sooja kui ka külma pesuvee tarbimist võimalik vähendada paigaldades segistitele ja duššiotsikutele aeraatorilahendusega 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.

Hoone olmekanalisatsioon juhitakse linnavõrku.

Kanalisatsioonitorustik



Hoone tarbevee- ja kanalisatsioonitorustikud on töökorras.

3.4 Küttesüsteem

Valdavat osa korteritest varustatakse kütteenergiaga gaasikatelde baasil toimivate ning korteripõhiste vesiküttesüsteemide abil. Samuti on osades korterites kasutusel elekterkütteseadmed ning kütteahjud.

Kütteradiaatorid on ühendatud kahetorusüsteemis, kasutusel on eri tüüpi radiaatoreid.

Gaasikatel



Radiaator termostaatventiiliga



Maja kütteradiaatoritele on paigaldatud automaatselt reguleeritavad radiaatorventiilid. Vabasoojuse efektiivsemaks ärakasutamiseks ning ruumides pidevalt ühtlase sisetemperatuuri hoidmiseks tuleb eesmärgipõhiselt kasutada radiaatoritele paigaldatud termostaatregulaatoritega varustatud radiaatorventiile.

Hoone küttesüsteemi ühe osana on kasutusel ahjud. Saavutamaks kütuse põlemisel vabaneva energia maksimaalse kasutamise ruumide kütteks, peavad olemasolevad kütteseadmed ja korstnad olema tehniliselt korras (siibrid, põlemisõhu reguleerimise võimalus, kõikide konstruktsioonide vastavus nõuetele). Samuti on küttesüsteemi tehniline korrasolek ülioluline tuleohutuse seisukohast lähtuvalt.

Küttekorstnen vajab puhastust ja hooldust: pigine



Soovitav on ka nendes korterites, kus veel kasutatakse elektriga otsekütet ja ka kütteahjusid, paigaldada gaasikondensatsioonikatelde baasil toimivad lokaalsed küttesüsteemid.

Elanike poolt lokaalsete kütteseadmete soojusväljastuse individuaalse reguleerimise tõttu on raskendatud kõikides korterites stabiilselt ühesuguse sisetemperatuuri hoidmine.

Juhul kui korteri kütteseadmete soojusväljastust piiratakse rohkem optimaalselt otstarbekast säästurežiimist (individuaalse kütmise või seadistamise tulemusena sisetemperatuuri viimine alla +18°C), on raskendatud ka teistes korterites stabiilselt ühesuguse sisetemperatuuri hoidmine. Kui korterite lõikes sisetemperatuurid erinevad oluliselt, siis hakkavad „soojemad“ korterid läbi vaheseinte kanduva soojusega kütma „külmema“ kortereid. Samas ei ole aga „soojade“

naaberkorterite kütteseadmete võimsuse valikul arvestatud sellise lisakütmise vajadusega ning tekib olukord, kus ka naaberkorterite ruumitemperatuur langeb alla soovitusliku taseme.

Hoone kõikides (**ka kasutuseta**) eluruumides peab olema kütteperioodil tagatud minimaalne soovituslik sisetemperatuur $+18^{\circ}\text{C}$. Kogu hoone kui ühe terviku sisetemperatuuri hoidmine on oluline ka välistarindite säilimise seisukohalt. Optimaalsel tasemel hoitud sisetemperatuuri kaudu toimub ka niiskuse väljakuivamine piiretest ning seeläbi hoitakse ka maja konstruktsioonid vajalikul tasemel kuivana. **Seega on kogu hoones vajalikul tasemel sisetemperatuuri hoidmine oluline nii üldise mugavuse, kui ka maja konstruktsioonide säilimise seisukohalt.**

3.5 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri tarbijaks on üldvalgustusseadmed.

Üldvalgustid



Hoone üldvalgustussüsteemi on paigaldatud säästupirnidega ja liikumisanduritega valgustid. Elektrisüsteemide ja muude kommunikatsioonide kaablid vajavad korrastamist.

3.6 Ventilatsioonisüsteem

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

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,49 1/h näitab, et hoone tervikuna on keskmiselt ventileeritud.

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 aktiivses kasutuses olevate eluruumide õhus CO₂ sisaldus vahemikus 935 -975 ppm.

Kvaliteetse siseõhu indikaatornäitajaks loetakse õhus sisalduva CO₂ koguse maksimumväärtust 1200 ppm.

Külastatud korterite kasutuskooormus oli inspekteerimise hetkel tavakasutuse tasemel, siis võib eeldada, et inimeste arvu oluliselt 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 kaudu. Ventilatsiooniõhu väljatõmme toimub ventilatsioonilõõride kaudu.

Välisseinad on maja ehitusaegselt palkseinad, millede ebatiheduste kaudu pääseb värske välisõhk hoone siseruumidesse. Sellest tulenevalt on praegusel hetkel hoonesse värske õhu sissevoolu üheks oluliseks allikaks läbi seinte ebatiheduste infiltreeruv välisõhk. Läbi piirete ebatiheduste toimiv õhu liikumine ei ole kontrollitav, juhitav ega vajadusel filtreeritav. Õhulekke intensiivsus antud ajahetkel sõltub õhurõhkude erinevusest kahel pool piiret, sise- ja väliskliima tingimustest ehk näiteks õues puhuva tuule tugevusest, ruumide sisetemperatuuride ja välistemperatuuri erinevusest. Õhulekete intensiivsusest sõltuvalt muutub oluliselt ka maja siseruumide õhukvaliteet.

Akende vahetuse käigus vähendatakse olulisel määral nende õhuläbilaskvust. Hoone välisseinte soojustamisel ja tuulepidavaks muutmisel väheneb ka peaaegu olematuks infiltratsiooni teel juurdetuleva värske õhu osakaal. Hoone ülevaatusel ei olnud võimalik tuvastada õhu väljatõmbelõõride olemasolu (tõenäoliselt hoone remonttööde käigus suletud). Need on ka peamiseks põhjuseks, miks hoone õhuvahetuskordsus võib jääda oluliselt alla nõutava taseme.

Lihtsaimaks viisiks õhuvahetusega seonduvate probleemide vältimiseks on elanike teavitamine ja vajaliku õhutamise intensiivsuse (aknatuulutus) tagamine siseruumides. Praktikas ei anna see siiski enamasti kvaliteetset tulemust.

Hoones vajaliku õhuvahetuse tagamiseks (loomuliku väljatõmbega ventilatsioon) tuleb teha kindlaks hoone ehitusaegsete õhu väljatõmbelõõride olemasolu, asukoht ning lõõrid renoveerida ja puhastada. Juhul kui majja ehitusaegselt ventilatsioonilõõre ei rajatud, tuleb paigaldada uued vastava ristlõikega ventilatsiooniõhu väljatõmbekanalid.

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).

Minimaalselt võimaliku õhuvahetuse tagamiseks on vajalikud reguleeritavad värskeõhuklapid. Hädapärase lahendusena saab ka eemaldada ilma tuulutuspidudeta akendelt ülaservast osa tihendist, et luua võimalus loomuliku ventilatsiooni pidevaks toimimiseks, kuid tulemus on kontrollimatu ja enamasti ka ebapiisav.

Lisaväljatõmbeavaga köögikubuiühendus lõõriga



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

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värske õhu soojendamiseks ca. 13 MWh/a, (praeguse mõningase alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 12,9 MWh/a). Seega õhuvahetuse intensiivistamisel (ilma soojustagastuseta tehnilised lahendused) tuleb arvestada asjaoluga, et suurenevad kütteenergiakulud siseneva külma värske 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 õhutradakte 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 II* 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 III*) 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.

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

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

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
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	2 100 €	-0,2	-12		30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine ja gaasikatelde paigaldus 2-s korteris	6 200 €	1,3	845	7	30
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	22 400 €	9	572	39	40
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	13 800 €	7	445	31	40

Õhuvahetuse reguleerimiseks saab paigaldada hoone välisseintesse seadistatavad 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 värsk külma õhu soojendamiseks. 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 küttenegiat 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	312	m ²
Eluruumide pind	271	m ²
Elanike arv	15	
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	MWh	Φ_{VS} , kW
Jaauar	0,8	0,2	0,8	1,0	0,3	2,4	3,2
Veebruar	1,7	0,5	0,8	0,8	0,3	2,4	3,5
Märts	4,4	1,4	0,8	1,1	0,3	3,6	4,8
Aprill	4,5	1,4	0,8	0,7	0,3	3,3	4,5
Mai	5,6	1,7	0,8	0,4	0,3	3,4	4,5
September	3,4	1,1	0,8	0,4	0,5	2,8	3,9
Oktoober	1,6	0,5	0,8	0,7	0,4	2,4	3,2
November	0,7	0,2	0,8	0,9	0,4	2,4	3,3
Detsember	0,3	0,1	0,8	1,0	0,4	2,3	3,1
Kokku	23,0	7,2	7,4	7,0	3,2	24,8	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						91,3	3,8

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 on paigaldatud automaatsed termostaatventiilid, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,7.

Tabel 16

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed		
			Pakett I	Pakett II	Pakett III
Arvutuslik vabasoojuskoormus, Φ_{VS}	kW	3,8	3,8	3,8	3,8
Vabasoojuse kasutustegur		0,6	0,7	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskoormus, Φ_{VS}	kW	2,3	2,6	2,6	2,6
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	0,41	0,27	0,27	0,27
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,49	0,49	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,14	0,14	0,07	0,05
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	0,55	0,41	0,34	0,32
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{vs} / H$	°C	4,1	6,4	7,9	8,4
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	17	15	13	13

Hoone arvutuslik tasakaalutemperatuur on 17°C. Maja kogu köetava mahu keskmiseks temperatuuriks kujuneb $\approx 21^\circ\text{C}$.

4. Kokkuvõte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorra ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest tulenevate säästumeetmete põhjal on hoone kohta koostatud kolm 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 palkidest välisseinad ja keldrilagi-sokliosad. Välisukse vahetatakse soojapidavamate vastu. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Rajatakse 2-s korteris gaasikateldega küttesüsteem. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 15°C.

Tabel 17

t_B= 15 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	4 500 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Keldrilae 100 mm ja sokli lisasoojustus 30mm	10 000 €				30
Välisseinad	Lisasoojustus 80 mm	30 000 €				30
Keldriuks	Asendamine soojapidavama uksega	800 €				30
Esiuks	Asendamine soojapidavama uksega	1 000 €				30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	2 100 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine ja gaasikatelde paigaldus 2-s korteris	6 200 €				30
Kokku		54 600 €	15	1 002	54	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 31 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 39% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 100 kWh/m²a.

Väljatõmbeventilatsiooni elektrikulu hinnanguliselt ~900 kWh/a.

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

Säästumeetmete pakett II – hoone energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone palkidest välisseinad ja keldrilagi-sokliosa. Välisüksed vahetatakse soojapidavamate vastu. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega korteripõhine ning õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteem. Rajatakse 2-s korteris gaasikateldega küttesüsteem.

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 13°C.

Tabel 18

t_B= 13 °C	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	4 500 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Keldrilae 100 mm ja sokli lisasoojustus 30mm	10 000 €				30
Välisseinad	Lisasoojustus 80 mm	30 000 €				30
Keldriuks	Asendamine soojapidavama uksega	800 €				30
Esiuks	Asendamine soojapidavama uksega	1 000 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine ja gaasikatelde paigaldus 2-s korteris	6 200 €				30
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	13 800 €				40
Kokku		66 300 €	28	1 803	37	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 23 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 54% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi paraneb korterites sisekliima. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 75 kWh/m².a.

Õhujaotustorustikuta ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 1100 kWh/a

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

Säästumeetmete pakett III — hoone täielik energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone palkidest välisseinad ja keldrilagi-sokliosa. Välisüksed vahetatakse soojapidavamate vastu. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse 2-s korteris gaasikateldega küttesüsteem. Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem (ventilatsioonisüsteem koos õhujaotustorustikuga).

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 13°C.

Tabel 19

t_B = 13 °C	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	4 500 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Keldrilae 100 mm ja sokli lisasoojustus 30mm	10 000 €				30
Välisseinad	Lisasoojustus 80 mm	30 000 €				30
Keldriuks	Asendamine soojapidavama uksega	800 €				30
Esiuks	Asendamine soojapidavama uksega	1 000 €				30
Küttesüsteem	väljaehitamine ja gaasikatelde paigaldus 2-s korteris	6 200 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	13 800 €				40
Kokku		66 300 €	29	1 898	35	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 22 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 57 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoonel kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 70 kWh/m²·a.

Õhujaotustorustikuga ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 2000 kWh/a.

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

4.2 Kokkuvõte

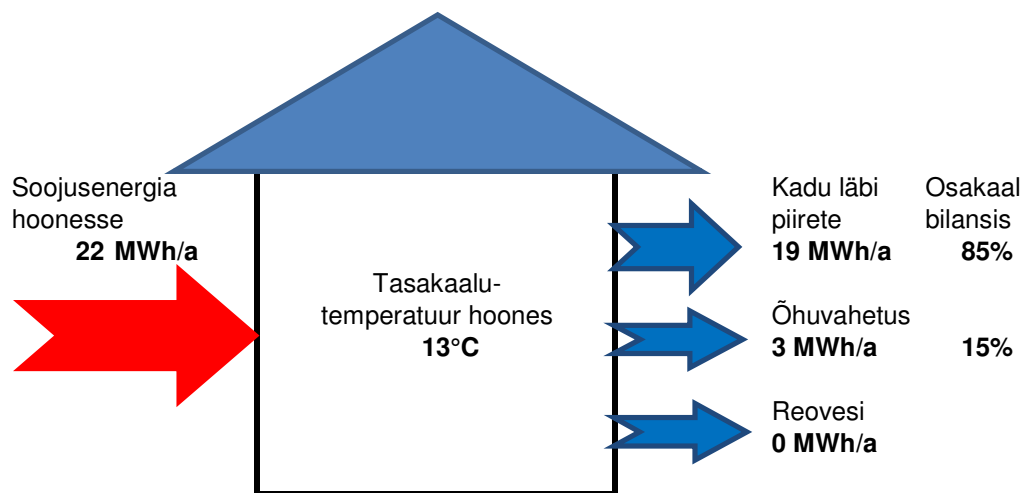
Käesolevas töös on analüüsitud Tallinna linnas ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

asuva hoone tänast energiakasutust

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast (kütuste ja elektri) soojusenergiakasutust 51 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 22 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 66 tuhat eurot ja lähiaja soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 35 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 (kütus) tarbimine, MWh/a	22	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		19
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		3
Kokku	22	22
Õhuvahetuse kordarv, 1/h		0,50
		13

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

4.3 Arvutusvalemid tasakaalutemperatuuride leidmisel

➤ Renoveerimiseelne olukord

Piirdetarindite osa hoone erisoojuskadudest enne renoveerimist:

$$\Sigma U_i \cdot A_i = H_{vp} \text{ (kW/°C)}$$

Õhuvahetuse osa hoone erisoojuskadudest enne hoone renoveerimist:

$$L \cdot \rho \cdot c = a \text{ [m}^3/\text{s]} \cdot 1,2 \cdot 1,005 = H_{vent} \text{ (kW/°C)}.$$

Hoone erisoojuskaod:

$$H = \Sigma U_i \cdot A_i + L \cdot \rho \cdot c = H \text{ (kW/°C)}$$

Keskmine vabasoojuskooormus hoones [v.t. punkt 3.8 Tabel 15]:

$$\Phi_{vs} = b \text{ (kW)}.$$

Renoveeritud automaatse soojussõlme korral utilisatsioonitegur : 0,55

Vastav keskmine arvestuslik kasutatav vabasoojuskooormus:

$$\Phi_{vsk} = \Phi_{vs} \cdot 0,55 = c \text{ (kW)}$$

Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt $\Delta t_{vs} = \Phi_{vsk} / H = d \text{ (°C)}$

Tasakaalutemperatuur hoones enne renoveerimist $t_B = t_s - \Delta t_{vs} = e \text{ (°C)}$

t_s – hoone siseruumide kaalutud keskmine temperatuur, mis on arvutatud sisekliima mõõtmisandmete põhjal

➤ Peale renoveerimist

Piirdetarindite osa hoone erisoojuskadudest peale renoveerimist:

$$\Sigma U_i \cdot A_i = H_{vp} \text{ (kW/°C)}$$

Õhuvahetuse osa hoone erisoojuskadudest peale hoone renoveerimist:

$$L \cdot \rho \cdot c = a \text{ [m}^3/\text{s]} \cdot 1,2 \cdot 1,005 = H_{vent} \text{ (kW/°C)}.$$

Hoone erisoojuskaod:

$$H = \Sigma U_i \cdot A_i + L \cdot \rho \cdot c = H \text{ (kW/°C)}$$

Keskmine vabasoojuskooormus hoones [v.t. punkt 3.8 Tabel 15]:

$$\Phi_{vs} = b \text{ (kW)}.$$

Renoveeritud automaatse soojussõlme ja küttekehade termostaatventiilide olemasolu korral
 utilisatsioonitegur : 0,7

Vastav keskmine arvestuslik kasutatav vabasoojuskooormus:

$$\Phi_{vsk} = \Phi_{vs} \cdot 0,7 = c \text{ (kW)}$$

Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt $\Delta t_{vs} = \Phi_{vsk} / H = d \text{ (}^{\circ}\text{C)}$

Tasakaalutemperatuur hoones peale renoveerimist $t_B = t_s - \Delta t_{vs} = e \text{ (}^{\circ}\text{C)}$

t_s – hoone siseruumide kaalutud keskmine temperatuur eluruumidele (+21 $^{\circ}\text{C}$)

5. 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 eksploatatsioonis olnud elamute ehitusfüüsikalise olukorra uuring“ lõpparuanne. TTK, 2010
8. Eesti Kraadpäevad - Kredex <http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>

6. Lisad

6.1 Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L1

Mõõtesead	Tüüp	Täpsus	Töövahemik
Termokaamera	FLIR ThermaCam E300	Temp $\pm 1^{\circ}\text{C}$ eraldusvõime $0,1^{\circ}\text{C}$	-20 - +500°C
Sisekliimatester	Fluke 975 Airmeter	RH $\pm 0,1\%$; Temp $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ Õhukiirus $3\%/0,015\text{m/s}$ CO ₂ $2,75\%+75\text{ppm}$ CO $\pm 0,6\%$	10-90% RH Temp -20- +60 Õhukiirus, 25-15 m/s CO ₂ 0-5000ppm CO 0-500 ppm

6.1. Kütuse tarbimisandmed

Tabel L 1

Gaasitarbimine			
	2014	2015	2016
Jaanuar	787	761	1000
Veebruar	484	630	892
Märts	466	551	664
Aprill	269	414	504
Mai	114	656	291
Juuni	112	97	151
Juuli	18	34	101
August	37	24	96
September	68	157	161
Oktoober	340	311	595
November	554	392	711
Detsember	683	522	892

6.2. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 2

m ³	Kogu tarbevesi, mõõdetud		
	2014	2015	2016
Jaanuar	23	32	23
Veebruar	27	25	27
Märts	26	30	26
Aprill	20	26	20
Mai	24	21	24
Juuni	20	24	20
Juuli	15	11	15
August	21	15	21
September	11	13	11
Oktoober	20	18	20
November	16	25	16
Detsember	20	19	20
Kokku	243	259	243

6.3. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 4

kWh	Elektritarbimine		
	2014	2015	2016
Jaanuar	1 464	975	1 092
Veebruar	973	957	988
Märts	1 155	937	1 704
Aprill	724	837	906
Mai	515	506	698
Juuni	1 031	397	594
Juuli	369	466	425
August	654	352	467
September	456	357	616
Oktoober	734	743	819
November	980	1 027	1 107
Detsember	1 086	1 034	1 117
Kokku	10 141	8 588	10 533

Tabel L 5

kWh	Üldelekter		
	2014	2015	2016
Jaanuar	182	200	150
Veebruar	97	138	169
Märts	113	131	149
Aprill	128	135	113
Mai	128	73	63
Juuni	53	65	71
Juuli	140	59	46
August	50	103	50
September	65	39	60
Oktoober	273	31	120
November	121	29	130
Detsember	164	33	126
Kokku	1 514	1 036	1 247