

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



KORTERMAJA ENERGIAAUDIT



32-korteriga korruselamu

Auditeerimise aeg: 07.12.2022.a.

Aruanne esitatud: 10.02.2023.a.

Auditeerija ettevõte:

Aadress:

Reg. Nr.

Tel.:

E-post:

Energiaaudiitor:

Kutsetunnistuse nr:

Allkiri:

Tartu 2023

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest.....	4
2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs	5
2.1 Hoone asukoht ja paiknemine.....	5
2.2 Hoone üldandmed	5
2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd ja hoone olukord	6
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloostus	6
2.5 Soojusenergia kulu.....	7
2.6 Elektrienergia kulu.....	9
2.7 Vee kulu.....	10
2.8 Hoone soojusbilanss	10
2.9 Korterite sisekliima ankeet	12
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus.....	14
3.1 Hoone piirdetarindid	14
3.1.1 Katus ja pööningu vahelagi	15
3.1.2 Välisseinad	15
3.1.3 Sokkel.....	16
3.1.4 Välisüksed ja trepikoja aknad.....	17
3.1.5 Eluruumide aknad.....	17
3.2 Hoone tehnosüsteemid.....	18
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.....	19
3.4 Ventilatsioonisüsteem	19
3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	22
3.6 Elektriseadmed	22
3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid.....	22
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	24
4.1 Säästumeetmete paketid.....	25
4.2 Rekonstrueerimine ja maksekoormus.....	28
4.3 Kokkuvõte.....	29
5. Kasutatud allikad	29
6. Kasutatud mõõteseadmed	29
7. Lisad	30
7.1 Soojusenergia tarbimisandmed	30
7.2 Tarbevee tarbimisandmed kokku.....	30
7.3 Soojavee tarbimisandmed	31
7.4 Elektrienergia tarbimisandmed	31
7.5 Tarbegaasi tarbimisandmed	31
7.6 Termograafilise ülevaatus aruanne ja fotod	31

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Võru linnas 4-korruselise 32 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 halduri poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid ja vastavaid rahalisi kulutusi aastatel 2017-2021. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud detsembris 2022 hoone ülevaatus.

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

Hoones on mõõdetud soojustarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Soe tarbevesi valmistatakse osaliselt soojussõlmes. 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.

Renoveerimispakettide koostamisel on lähtutud ettevõtlus- ja tehnoloogiaministri määrusest nr 24, vastu võetud 04.04.2019 „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused ja kord“, et korteriühistul oleks võimalik SA KredEx kaudu taotleda rekonstrueerimistoetust.

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

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

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit korteriühistu juhatuse liige hr

Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad ja kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga 20%. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud Danpower Eesti AS Võru teeninduspiirkonnas 04.12.2022. kehtestatud soojusenergia piirhinnast 107,89 €/MWh ja elektrienergia universaalteenuse hinnast 197,2 €/MWh.

Danpower Eesti ASi kaugküttesüsteemile on välja antud tõhusa kaugkütte sertifikaat.

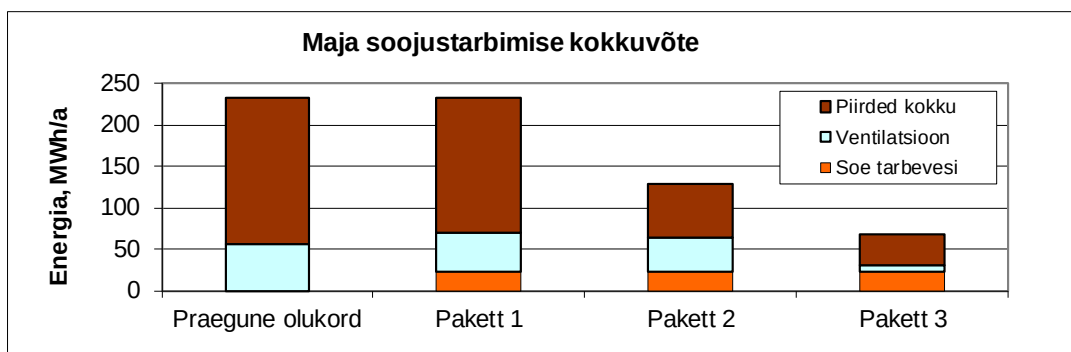
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi läbiviimise tulemustest. Soojusenergia keskmine kogukulu aastal 2018-2021 on mõõdetud 206 MWh/a.

Energiaarvutuste baasaastale taandatud kolme viimase täisaasta kütteks kulunud soojusenergia on 236 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 1109 m² (sh trepikojad) on normaalaasta keskmine kogu soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule 219 kWh/(m²·a). Elektrienergiat on tarbitud kokku 42,5 MWh/a. Kaalutud energiaeritarbimine on 268 kWh/(m²·a), energiamärgise klass-F.

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

- Esimene pakett–minimaalselt vajalikud tööde elamistingimuste ühtlustamiseks ja normikohase sisekliima tagamiseks ja küttekulude vähendamiseks. Soojustatakse sokkel ja pööningu vahelagi. Üljaltjaotusega küttesüsteem ehitatakse ümber alajaotusega kahetorusüsteemiks ja paigaldatakse uued termostaatidega radiaatorid. Koos küttesüsteemi ümberehitamisega ehitatakse ka tsentrallne soojaveesüsteem. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõõhu klapid ja väljatõmbeventilaatorid. Investeering on ca. 120 tuh eurot. Energiasääst on 11%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 205 kWh/(m²·a). Energiatõhususarv ETA - 205 kWh/(m²·a). Energiamärgise klass – E.
- Teine pakett. Soojustatakse välisseinad, sokkel ja pööningu vahelagi. Vahetatakse uute vastu ehitusaegsed aknad. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõõhu klapid, ventilatsiooni väljatõmbekanalitele paigaldatakse ventilaatorid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse kahetorusüsteemseks, paigaldatakse uued radiaatorid koos termostaatidega. Ehitatakse välja tsentraalne soojaveesüsteem. Investeering on ca 217 tuh eurot ning aastane sääst on 129 MWh/a ehk 45%. Soojusenergia eritarbimine köetavale pinnale on 144 kWh/(m²·a). Energiatõhususarv ETA-144 kWh/(m²·a). Energiamärgise klass C.
- Kolmas pakett. Välispiirete soojustamine toimub analoogiliselt pakstile II. Kõik aknad vahetatakse uute ja parema soojapidavusega akendd vastu. Aknad tõstetakse seinale tasapinda soojutuse sisse. Küttesüsteem rekonstrueeritakse täielikult reguleeritavaks kahetorusüsteemseks ja ehitatakse tsentraalne soojaveesüsteem. Värskõõhu klappide asemel paigaldatakse hoonesse energiatastusega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca 354 tuh eurot ja aastane energiasääst on 189 MWh/a ehk 72%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 60 kWh/(m²·a). Energiatõhususarv ETA - 118 kWh/(m²·a). Energiamärgise klass-B.



2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

2.1 Hoone asukoht ja paiknemine



Hoone paikneb tiheasustusalal Võru linnas.

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	Võru maakond, Võru linn,
EHR kood:	
Ehitusaasta:	1961
Hoone kasutamise otstarve:	11222 Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	419
Suletud netopind (EHR), m ² :	1360,4
Maapealsete korruste arv:	4
Maa-alusre korruste arv:	0
Hoone maht (EHR), m ³ :	5496
Köetav pind trepikodadega, m ² :	1109
Eluruumide pind (EHR), m ² :	1083,4
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	2884
Korteri arvu:	32
Tubade arv:	56
Elanike arv:	39
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

Keldrikorrusel asuvaid kütetorustike poolt soojendatud ruume ei ole hoone köetava pinna hulka arvestatud. Trepikojad on arvatud köetava pinna alla.

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd ja hoone olukord

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Puitakende vahetamine pakettakende vastu. Uusi aknaid on 90% akende pindalast
	Trepikoja akende ja uste vahetamine, keldri akende vahetamine
	Uue katusekatte paigaldamine,

Neljakorruseline 32 korteriga elumaja välisseinad on laotud silikaattellistest puhta vuugiga müüritisena. Külje- ja otsafassaadid on ühesuguse konstruktsiooniga, otsaseintes on aknad. Keldri seinad on monteeritud vundamendiplokkidest. Keldris paiknevad elanike panipaigad ja soojussõlm.

Hoonel on välimise äravooluga viilkatus, katusekatet on uuendatud. Pööningu vahelagi on ehitusaegse soojustusega.

Soojusenergia hoone kütmiseks saadakse kaugkütte võrgust, energiaallikaks on soe vesi. Danpower Eesti AS tagab oma kaugkütte piirkonnas aastaringselt soojusenergia tarnimise. Soojuse jaotamine ja reguleerimine toimub avatud soojussõlmes, mis on varustatud välistemperatuuri anduri ja automaatikaga. Hoones on ehitusaegne malmradiaatoritega üljaltjaotusega ühetoruline küttesüsteem. Kütte pealevoolu magistraaltorustik pööningul on ehitusaegse isolatsiooniga.

Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektriboileritega.

Veevarustus ja kanalisatsioon on ühendatud välisvõrguga, tarnijaks on AS Võru Vesi.

Hoone on ühenduses AS Elering elektrisüsteemiga. Korterid arveldavad otse energiamüüjaga.

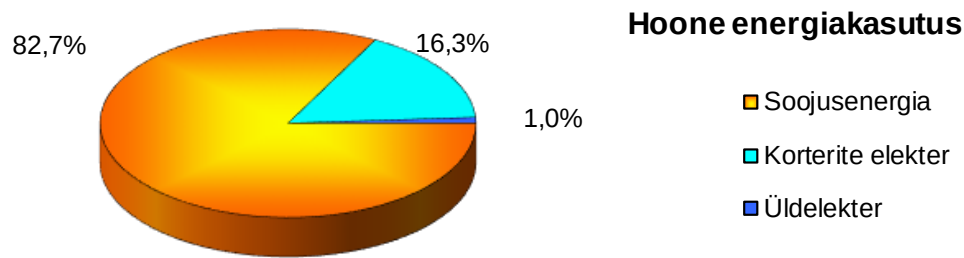
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus

Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	Danpower Eesti AS
Põhiline kütteviis:	Tõhus kaugküte
Kasutatav kütus:	Puiduhake
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Üljaltjaotusega ühetorusüsteem.
Kütte automaatika	Välistemperatuuri anduriga kütteautomaatika.
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Kamstrup Multical 602
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	Puudub
Tarbevee tarnija:	Võru Vesi AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalne asulavõrgust
Olmekanaliseatsioon:	Tsentraalne, juhitakse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Elektriboilerid korterites.
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs ventilatsiooniavadest ja akende/uste ebatiheduste kaudu, väljatõmme ventilatsiooni-lõõride kaudu
Elektrienergia tarnija:	Elering AS
Elektrivõrgu ping:	3x400 V

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

Joonis 1



Kokku on majas tarbitud erinevatest allikatest 246 MWh/a energiat.

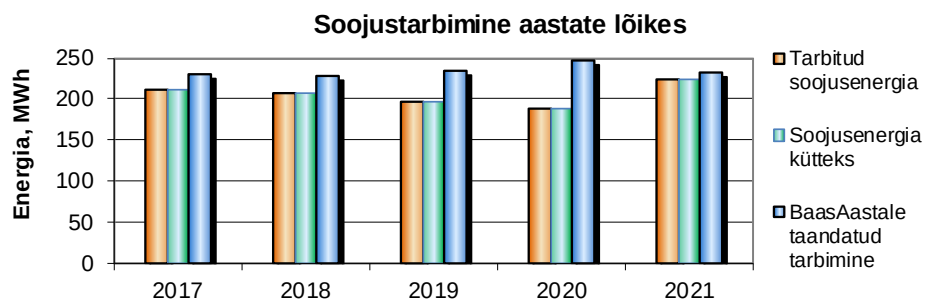
2.5 Soojusenergia kulu

Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2017	2018	2019	2020	2021	Ühik
Elektri tarbimine kütteks			0	0	0	MWh/a
Kaugkütte soojusenergia	211	207	198	187	224	MWh/a
Energia sooja vee tootmiseks	0	0	0	0	0	MWh/a
Energiatarbimine kütteks	211	207	198	187	224	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	4 Valga					
Tasakaalutemperatuur t _B =16°C						°C d
Kraadpäevade arv	3599	3550	3307	2980	3782	
Baasaasta kraadpäevade arv	3923					°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	230	229	234	247	233	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	65	65	65	65	65	€/MWh
Kulutused soojusele	13727	13494	12873	12207	14628	EUR/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	207	206	211	222	210	kWh/m ²
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	212	211	216	228	215	kWh/m ²

Soojusenergia tarbimise graafikud

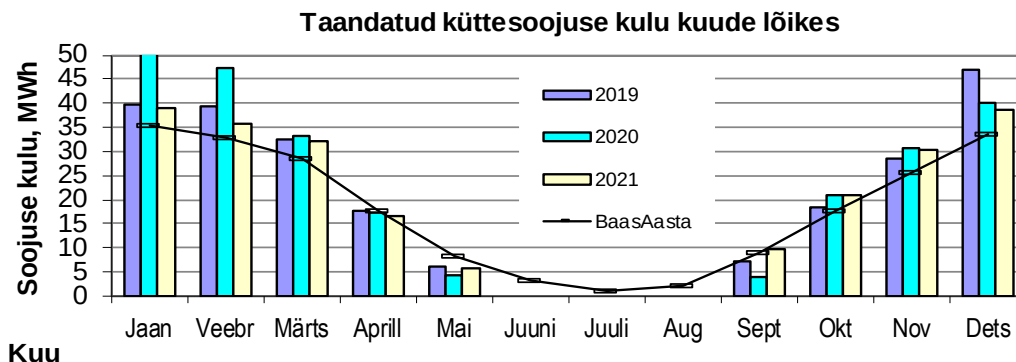
Joonis 2



Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju kütteenergia tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud energiaarvutuste baasaasta soojustarbimise

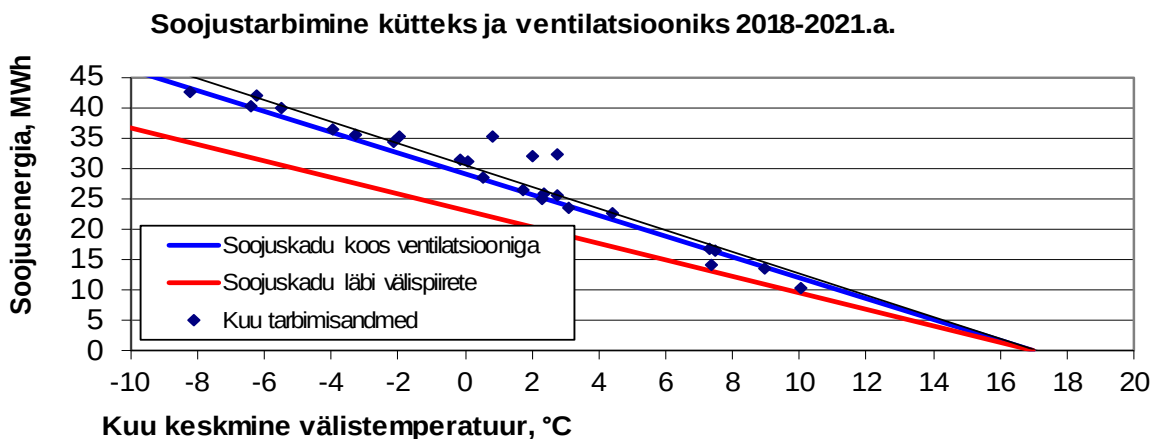
tasemele. Soojusenergia tarbimine on aastate lõikes kõikunud vastavalt kütteperioodi keskmisele temperatuurile. Baasaastale taandatud küttekulu on püsinud ligikaudu ühel tasemel.

Joonis 3



Joonisel 3 markeerib Baasaasta soojusenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. Baasaasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tulbad näitavad maja ülekütmist või liigset ventileerimist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. Soojusenergia tarbimise kõikumised ei ole suured, mis näitab, et soojussõlme automaatika on häälestatud vastavalt maja soojustarbimise vajadusele. Sügisel on alustatud kütmist koos välistemperatuuri langemisega. Kütmise algusega viivitamine ei anna tegelikult energiasäästu, sest niiskunud konstruktsioonide suuremad soojuskaod võivad ületada kütmise viivitamisega saadava kokkuhoiu. Hoone välisseinte kuivana hoidmiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt kui välistemperatuur seda eeldab. Kuivad välisseinad on parima soojapidavusega. Seevastu kevadkuudel (aprill, mai), kui päikese vabasoojus küttele olulist lisa annab on soovitatav energiasäästule enam panustada. Kütteautomaatika seadistust iseloomustab tarbimisandmete sõltuvus välistemperatuurist.

Joonis 4



Tarbimispunktide hajumine ei ole suur. Majasse antava soojusenergia kogus on üldiselt kooskõlas välistemperatuuri muutustega. Hoone reaalseks tasakaalutemperatuuriks soojusenergia tarbimise järgi on 16°C.

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist baasaastale teisendatud energiatarbimist 238 MWh/aastas, millest hinnanguliselt 29 MWh/a on kütetorustiku soojuseraldus põõningul.

2.6 Elektrienergia kulu

Tabel 5

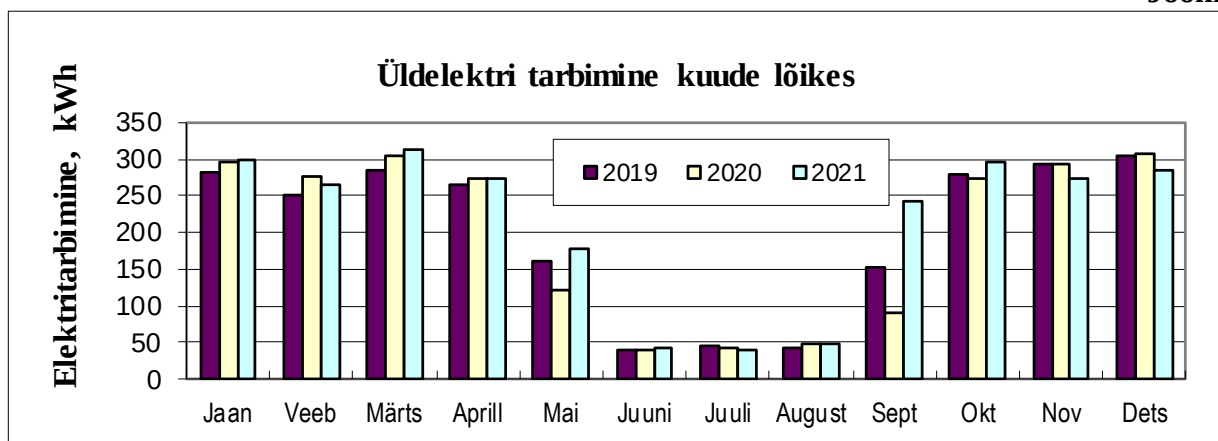
Elektrienergia tarbimine	2017	2018	2019	2020	2021	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)						
Elektrienergia tarbimine	2,6	2,2	2,4	2,4	2,6	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	2,3	2,0	2,2	2,1	2,3	kWh/(m ² a)
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	2,4	2,1	2,2	2,2	2,4	kWh/(m ² a)
Elektrienergia maksumus					332	€/a
Elektrienergia tarbimine (korteriid)						
Elektrienergia tarbimine kokku	42,2	41,2	42,1	40,0	38,2	MWh/a
Elekter sooja vee valmistamiseks	14,1	15,0	17,5	17,1	17,5	m ³ /a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	28,1	26,3	24,6	22,9	20,7	MWh/a
Elektri eritarbimine köetava pinna kohta	38,1	37,2	37,9	36,1	34,4	kWh/(m ² a)
Elektrienergia maksumus					4963	€/a

Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta on normi kohaselt 40 kWh/(m²*a), kui toiduvalmistamiseks kasutatakse elektripliite. Antud majas on valdavalt elektripliidid. Olmeelektri eritarbimine on normist madalam.

Võimalus elektrit kokku hoida on seadmete täielik väljalülitamine kui neid ei kasutata. See kehtib nii valgustite, olmeelektroonika kui ka telefonilaadijate kohta. Säästupirnide kasutamine on efektiivne üldvalgustites, mida tihti sisse-välja ei lülitata. Sagedane sisse-välja lülitamine kahandab oluliselt säästupirnide eluiga ja muudab rahalise säästu olematuks. Uued LED-tüüpi valgustid on sellest puudusest vabad.

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest 7% ja 80% sellest on soojuskeskuse seadmete tarbimine.

Joonis 5



2.7 Vee kulu

Tabel 6

Tarbevee kulu	2017	2018	2019	2020	2021	Ühik
Tarbevesi (külm)	810	859	912	891	913	m³/a
-erikulu köetava pinna kohta	0,73	0,77	0,82	0,80	0,82	m³/(m² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,75	0,79	0,84	0,82	0,84	m³/(m² a)
Vee hind	0,86	0,98	0,98	0,98	0,98	€/m³
Vee eest tasutud	698	842	894	873	895	€/a
Soe tarbevesi	243	258	274	267	274	m³/a
-erikulu köetava pinna kohta	0,22	0,23	0,25	0,24	0,25	m³/(m² a)
-energia erikulu köetava pinna kohta	12,7	13,5	15,8	15,4	15,8	kWh/(m² a)
Elektri kulu vee soojendamiseks	14,1	15,0	17,5	17,1	17,5	MWh/a
Kulud sooja vee tootmiseks					2274	MWh/a
Sooja tarbevee hind					8,30	€/m³

Tarbevee erikulu kortermajades on keskmiselt 1 m³/(m² a), antud majas on see väiksem. Soe vesi valmistatakse elektriboileritega korterites. Sooja vee tarbimise mahtu ei mõõdetata. Tsentraalse sooja vee osakaal moodustab kortermajades keskmiselt 35-40% kogu veetarbimise mahust. Antud hoones on see hinnanguliselt 35%. Sooja tarbevee arvestuslik erikulu inimese kohta on 40 l/inimene*päev, mille kohaselt maja soojavee tarbimine peaks olema 569 m³/a. Hinnanguline tarbimine on 55% sellest kogusest ja sõltub ilmselt elanike tarbimisharjumusest, leibkondade koosseisust ja vanuselisest struktuurist.

2.8 Hoone soojusbilanss

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

Vastavalt energiaauditi koostamise juhendile on soojuse bilansivalem kululiikide alusel järgmine:

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

Soojuskadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 17°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Valga piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone soojusbilanss on esitatud tabeli kujul (Tabel 8).

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

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

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

Tabel 7

Piirde nimetus	Pindala/ joonmõõt, A_i m^2/jm	Praegune olukord		
		Soojusläbivus , U_i	Erisoojus- kadu, H_{vp}	Soojuskadu aastas, Q
		$W/(m^2 \cdot K)$	W/K	MWh
Külgseinad	594	1,10	653	61
Otsaseinad	223	1,10	245	23
Pööningu vahelagi	372	0,60	223	21
Aknad uued	204	1,50	306	29
Aknad vanad	12	2,50	29	3
Trepikoja aknad/uksed	33	1,30	43	4
I korruse põrand	353	0,34	122	11
Aknaümbruse külmasild, jm	576	0,40	230	22
Põranda-seina liide, jm	93	0,40	37	3
		Kokku	1890	177

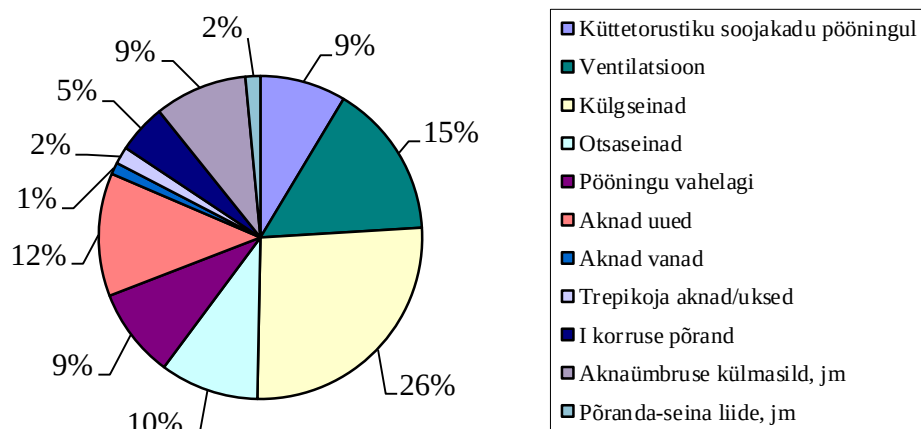
Lähtuvalt hoone köetavast mahust on normikohase õhuvahetuse korral (õhuvahetuse kordarv $n=0,5$ 1/h) värske õhu vajadus $1442 m^3/h$ ja erisoojuskadu õhuvahetusele on $485 W/K$. Aastane energiavajadus ventilatsiooni tagamiseks on sellisel juhul $45 MWh/a$. Tegelik energiakulu ventilatsioonile, hoone praeguses olukorras, erineb sellest väärtusest vastavalt reaalselt toimuvale õhuvahetusele ja on toodud soojusbilansi tabelis allpool.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse,	Energia välja,	Osakaal
Mõõdetud soojusenergia tarbimine - $Q_{kogukulu}$	236		
Küttetorustiku soojusekadu pööningul - Q_{kadu}		23	10%
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete - $Q_{välispiirded}$		177	75%
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks - $Q_{õhuvahetus}$		36	15%
Kokku	236	236	
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,40		
Tasakaalutemperatuur, °C	17		

Hoone soojusenergia kulude jaotus ventilatsiooni tagamiseks, sooja vee valmistamiseks ja läbi välispiirete toimuvate jahtumiskadude kompenseerimiseks on järgmine:

Joonis 6

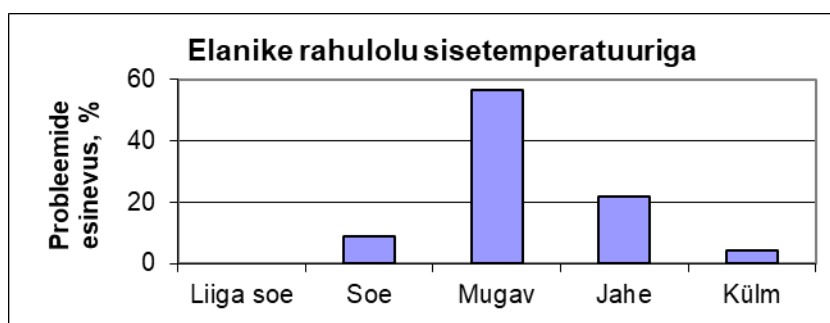


2.9 Korterite sisekliima ankeet

Korterite sisekliima ankeedi täitis 23 korterit, mis on 72% korterite üldarvust. Alljärgnev kokkuvõte annab ülevaate maja olukorrast täidetud ankeetide alusel.

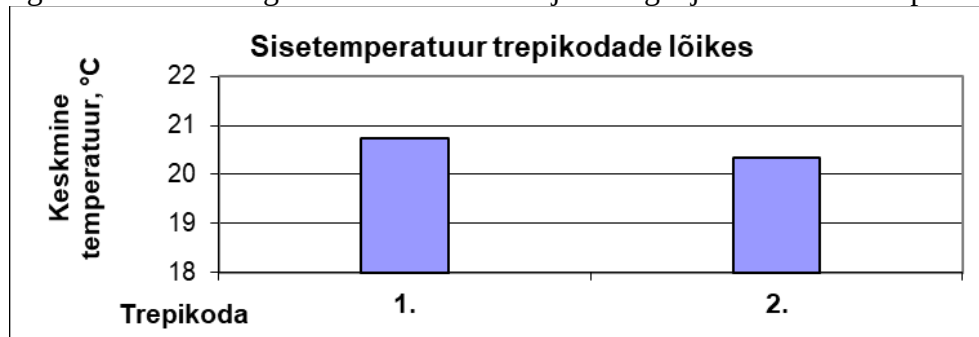
1. Korterite siseõhu temperatuuriga rahuolu iseloomustab allolev diagramm

Joonis 7

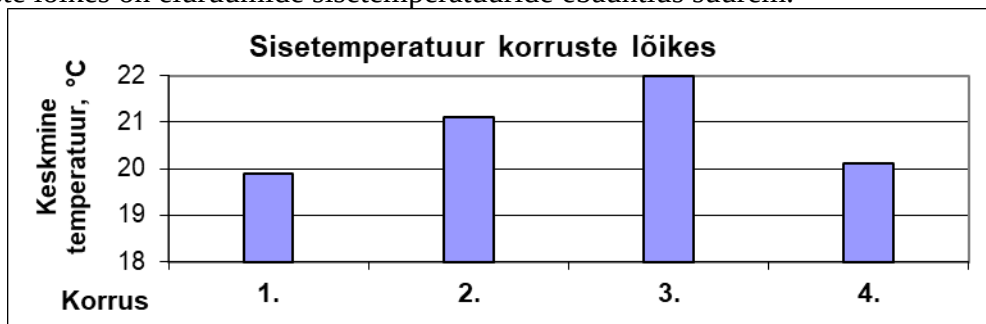


Elanike hinnang korteri sisetemperatuurile näitab, et elanike enamus on küttingimustega rahul. Kaks korterit, mis piirnevad otsaseintega, on külmad. Korterite keskmine temperatuur on 20,5°C, mis on lähedane meie kliimas soovitatavale talvisele eluruumide temperatuurile 21-22°C.

2. Ülaltjatusega küttesüsteem tagab suhteliselt hea soojusenergia jaotumise hoone pikilõikes.



3. Korruste lõikes on eluruumide sisetemperatuuride ebaühtlus suurem.



Alumise korruse ruumide temperatuuri mõjutab kütmata kelder ja selle tõttu on põrandad pigem külmad. Ülemisel korrusel on täiendav jahtumine läbi pööningu vahelae.

4. Majas on ühetoruline üljaltjaotusega küttesüsteem ja radiaatoritel puuduvad regulaatorventiilid. Kuna küttesüsteem toimib ja enamikes eluruumides on tagatud mugavad elamistingimused, siis elanikud on üldiselt rahul.
5. Majas on loomuliku väljatõmbega ventilatsioonisüsteem ja värskeõhu juurdepääsu pidid tagama akende/uste ebatihedused. Köögi ventilatsiooniga on rahul 35% korteritest. WC ning vannitoa ventilatsiooniga on rahul 43% korteritest. Uued tihenditega aknad ei taga piisavat värskeõhu pealevoolu. Õhuvahetuse tase ei ole piisav, et inimeste poolt tekitatud niiskus ja süsihappegaas eluruumidest välja viia. Kahes korteris on probleeme niiskusekahjustustega ja hallitusega
6. Puudulikust ventilatsioonist tingituna kasutab 65% korteritest tubade õhutamiseks avatud aknaid. Tervisliku elukeskkonna tagamiseks vajab ventilatsioonisüsteem rekonstrueerimist.

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

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	Maksu-mus	Tasu-vus-aeg
		m²	W/m²K	MWh/a		W/m²K	MWh/a	MWh/a	EUR	aasta
Piirded kokku		2459		177			50	127	182.000	13
Pööningu vahelagi	Katusekate uus, soojustus ehitusaegne	372	0,60	21	Lisasoojustus 400 mm	0,10	4	17	11.000	6
Aknaümbruse külmasild, jm	Joonkülmasild akna-seina liites	576	0,40	22	Aknad tõstetakse seina tasapinda	0,05	3	19	17.000	8
Aknad vanad	6% ehitusaegsed aknad, osaliselt amortiseerunud	12	2,50	3	3-klaasiga pakettaknad	0,90	1	2	2.000	11
Külgseinad	Silikaattellistest müürid	594	1,10	61	Lisasoojustus 200 mm	0,17	9	52	71.000	13
Otsaseinad	Silikaattellistest müürid	223	1,10	23	Lisasoojustus 200 mm	0,17	4	19	27.000	13
Põranda-seina liide, jm	Külmasild põranda-seina liites	93	0,40	3	Soojustatakse sokkel ja vundament	0,20	2	2	4.000	21
I korruse põrand	Jahtumine läbi keldri piirete	353	0,34	11	Sokli soojustus 100 mm	0,21	7	5	11.000	22
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	204	1,50	29	3-klaasiga pakettaknad	0,90	17	11	39.000	32
Trepikoja aknad/uksed	Pakettklaasidega aknad ja soojustusega uksed	33	1,30	4	Tarindit ei renoveerita	1,30	4	0	0	

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

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

Välispiirete soojuskadude vähendamisel ja tehnosüsteemide rekonstrueerimisel on üldjuhul lähtutud määrustest „Energiatõhususe miinimumnõuded“ (Ettevõtlus- ja infotehnoloogia ministri määrus nr 63, vastu võetud 11.12.2018, edaspidi EITm 63) ja „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused ja kord“ (EIT määrus nr 24, vastu võetud 04.04.2019), mille kohaselt peab:

- rekonstrueerima keskküttesüsteemi vähemalt korteripõhiselt reguleeritavana ja paigaldama radiaatoritele piirajatega varustatud termostaatventiilid, mis võimaldaks reguleerida ruumi temperatuuri vahemikus 18–23 kraadi Celsiuse skaala järgi;
- soojustama ja rekonstrueerima välisseinad täies mahus soojuslähivuse tasemega $U \leq 0,20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;
- soojustama ja rekonstrueerima katuse soojuslähivuse tasemega $U \leq 0,12 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;
- vahetama kõik projekti alustamise hetkel vahetamata aknad kolmekordse klaaspaketiga akende vastu, mille avatäite kompleksne soojuslähivuse tase paigaldatuna on $U \leq 1,10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;
- paigaldama kõik aknad soojustuse tasapinda või lisasoojustama aknapaled, kusjuures soojustuse tasapinda paigaldamise või aknapalede lisasoojustamise tulemusena peab välisseina ja akna liitekoha arvutuslik keskmine joonsoojuslähivus olema $\leq 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;
- paigaldama soojustagastusega sissepuhke ja väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi, mis teenindab kõiki korterite ruume või soojuspumbaga soojustagastusega väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi, mis tagab võrdväärse sisekliima ja on varustatud välisõhu eelsoojendamise ja filtreerimise seadmetega nagu värske õhu radiaatorid;
- tagama sissepuhke välisõhuvooluhulgad vähemalt 10 l/s magamis- ja elutubades müratasemel mitte üle 25 dB(A);
- tagama väljatõmbe õhuvooluhulgad 1-toaliste korterite WC-s ja pesuruumis kokku vähemalt 10 l/s ja köögis 6 l/s, 2-toaliste korterite WC-s ja pesuruumis kokku vähemalt 15 l/s ja köögis 8 l/s, 3- ja enamatoaliste korterite WC-s vähemalt 10 l/s, pesuruumis vähemalt 15 l/s ja köögis 8 l/s.

3.1.1 Katus ja pööningu vahelagi

Hoonel on välimise äravooluga viilkatus, katusekate on uuendatud. Pööningu vahelae hinnanguline soojuslähivus on $U \sim 0,6 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, mis on suurem kui EITm 24 soovib ja ülemise korruse lagi vajab täiendavat soojustamist. Pööningu põranda soojustamiseks on kõige sobivam soojustusmaterjal puistevill. Soojustuskiht paksusega 400 mm tagab soojuslähivuse $U = 0,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ja võimaldab säästa 17 MWh/a soojusenergiat. Soojustusmaterjali kinnitallamise vältimiseks on vajalik ehitada pööningule käiguteed. Koos pööningu vahelae lisasoojustamisega on vaja soojustada üle pööningu põranda ulatuvad seinte siseküljed ja võimalusel ka sein pealt, et isoleerida konstruktiivsed külmasillad, mis ülemise korruse seina-lae liite külmaks jätavad. Kui välisseinu samaaegselt ei soojustata, on soovitatav soojustada ka parapeti fassaadipoolne külg kuni ülemise korruse akendeni.

3.1.2 Välisseinad

Hoone välisseinad on silikaattellistest puhta vuugiga müüritis. Müüritise sees on ruum soojustuse paigaldamiseks. Sisemist kandvat seina ja välimist viimistluskihti seovad sideread, mis toimivad

külmasildadena. Termopiltidel on näha, et seinte soojapidavus on ebaühtlane. Termograafilise ülevaatus põhjal tehtud kaudsetest arvutustest lähtuvalt on hoone välisseinte keskmiseks soojuslähivuseks hinnatud $U \sim 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, mis on suurem kui EITm 24 soovib. Otsa- ja külgeinad on ühesuguse konstruktsiooniga ja otsaseintes on aknad. Välisseinte soojustamisel on soojustuskihi soovituslikuks paksuseks 200 mm (materjali erisoojusjuhtivus $\lambda \leq 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$), mis tagab seinte soojuslähivuse vastavalt EITm 24 nõuetele. Välisseinte soojustamisel saadav energiasääst on hinnanguliselt 71 MWh/a. Tööde lihttasuvusaeg on 13 aastat.

Välisseinte soojustamine tervikuna tõstab oluliselt maja kasutusmugavust. Just soojustamata seintes olevad külmasillad moodustavad nõ „külma õhkavad” piirkonnad, mis on olulised ebamugavuse allikad ja tihti ka soodsad piirkonnad hallituse tekkimiseks. Hallitusseene eosed saastavad meile märkamatult eluruumi õhku ja järjest rohkem levivad hingamisteede allergilised haigused on otseselt seotud elukeskkonna kvaliteedi ja toaõhu puhtusega. Akende vahetamine, mis tõstab ruumi temperatuuri soojakadude ja ülemäärase ventilatsiooni vähendamise tõttu ei likvideeri „külma õhkavaid” piirkondi ja vaatamata ruumi kõrgemale temperatuurile külmal ajal ebamugavustunne säilib. Seinte soojustamise tagajärjel külmasillad kaovad ja mugavustunne tekitab ruumide madalama temperatuur korral, mis võimaldab täiendavalt energiat säästa.

3.1.3 Sokkel

Soojuskaod läbi eluruumide all paikneva keldri põranda, vundamendi ja sokli võetakse arvesse keldrikorrust ja eluruumi eraldava esimese korruse põranda efektiivse soojuslähivuse kaudu, mis on arvutatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ja mille väärtuseks antud hoone puhul on $U=0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Esimese korruse põranda efektiivset soojuslähivust saab oluliselt vähendada keldri lae soojustamise teel, kuid siis jäävad isoleerimata sokli-põranda-seina liites olevad konstruktiivsed külmasillad, mis esimese korruse põranda ääred külmaks muudavad ja seal niiskuse kondenseerumise tõttu ka probleeme tekitavad. Seepärast on otstarbekas vähendada kogu keldri soojuskadusid sokli väljastpoolt soojustamise kaudu sellisel viisil, et konstruktsioonide liites olev külmasild ka isoleeritud saaks. Kui välisseinu samaaegselt ei soojustata, on soovitatav soojustada ka sokliga liituv fassaadiosa kuni alumise korruse akendeni. Lähtuvalt sokli konstruktsioonist on hoone soojustamata sokliosa soojuslähivus suurusjärgus $U \sim 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Lähtudes keldri soovituslikust sisetemperatuurist 12°C , on otstarbekas sokliosa soojuslähivus viia väärtuseni $U_{\max}=0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Sokliosa soojapidavuse suurendamiseks on soovitatav sellele paigaldada 100 mm lisasoojustus. Koos sokli soojustamisega on soovitatav paigaldada keldri aknad seina tasapinda soojustuse sisse, et vältida külmasildasid. Esimese korruse põranda efektiivne soojuslähivus langeb väärtusele $U=0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Koos sokli soojustamisega on vajalik soojustada ka sokli-seina-põranda liitekoht, kus on konstruktiivne külmasild. Arvutuslik energiasääst on kokku 7 MWh/a, tööde lihttasuvusaeg on 22 aastat. Hinnakalkulatsiooni sisse ei ole arvestatud hüdroisolatsiooni töid, mis soojuskadusid otseselt ei mõjuta, kuid on olulised hoone pikaajalise püsimise seisukohalt. Tasuvusajast olulisem on esimese korruse põranda välisäärte soojaks muutumine, mis likvideerib hallituse tekkimise ohu ja loob mugavamad elamistingimused.

NB! Antud kalkulatsioonid lähtuvad üksnes sokliosa soojuslikust režiimist.

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

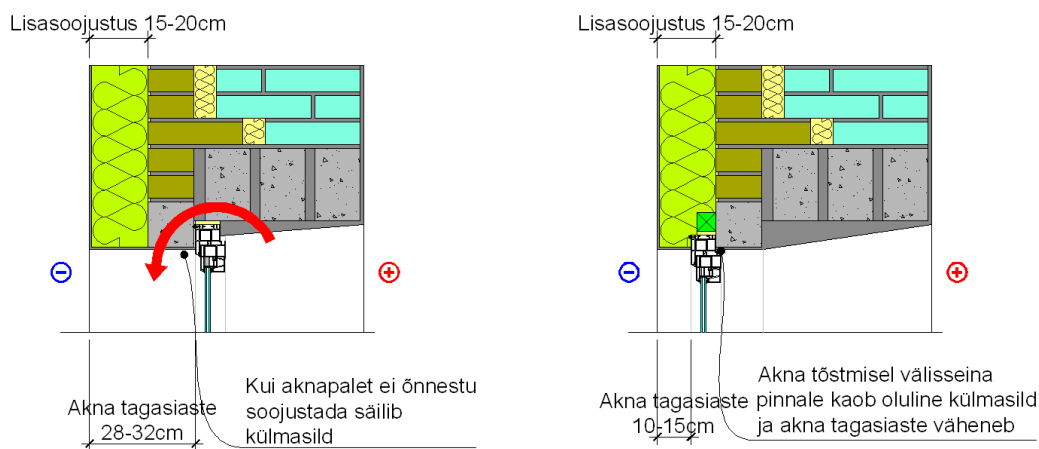
3.1.4 Välisüksed ja trepikoja aknad.

Hoones on 2 trepikoda sissepääsuga maja esiküljelt. Trepikodade aknad ja välisüksed on vahetatud ja paigaldatud on plastraamidega pakettaknad ja soojustusega metalluksed. Need vahetamist ei vaja. Trepikodasid köetakse. Oluline on jälgida tihendite ja ukseulgurite korrasolekut, et soojuskaod ei suureneks tänu uste ülemäärasele lahtiolekule.

3.1.5 Eluruumide aknad

Vanemat tüüpi kahe eraldiseisva klaasiga akende soojusläbivus on minimaalselt $U=2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, millele lisanduvad akende ebatihedusest tingitud soojuskaod. Akende soojapidavust aitavad parandada kardinat ja ruloode kasutamine, mille tõttu on akende efektiivseks soojusläbivuseks hinnatud $U=2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Akende vahetamine kaasaegsete kolme klaasiga pakettakende vastu viib nende soojusläbivuse väärtusele $U<1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Ülevaatuse ajaks oli ca 94% korterite akendest vahetatud uute vastu.

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



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

Vastavalt viidatud uurimistööle on akna-seina liitega seonduva joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtus $\Psi=0,35-0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu on 22 MWh/a.

Suurem osa ehitusaegseid aknaid on juba vahetatud, kuid seda on tehtud erineval ajal ja paigaldatud on erineva kvaliteediga ja soojapidavusega aknaid. Seepärast on soovitatav on hoone tervikliku soojustamise korral vahetada välja kõik aknad ja paigaldada uued aknad seina välispinda soojustuse sisse. Aknaümbruste nõuetekohasel tihendamisel on sellisel juhul joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtuseks $\Psi=0,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu langeb väärtusele 3 MWh/a. Akende paigaldamisel soojustuse sisse on prognoositav energiasääst 19 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 8 aastat

Puitakende ebatihedus on olnud loomuliku ventilatsiooniga majade värske õhu sissevoolu kanaliks, mis kaasaegsete akende (nii plast- kui ka puitraamiga aknad) paigaldamise tagajärjel kaob. Ebapiisava ventilatsiooni tagajärjel tõuseb ruumide niiskusesisaldus, mis soojustamata seintel niiskusekahjustusi ja lõpuks ka hallitust põhjustavad. Seepärast on uute akende paigaldamisel vaja jälgida, et ventilatsiooniõhu sissepääs oleks tagatud (tuulutusklaappidega aknaraamid või

ventilatsiooniavad seinas). Õhuvahetus peab toimuma mitte läbi juhuslike pilude, vaid selleks ettenähtud moodusel ja reguleeritavalt.

3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Ülaltjaotusega ühetorusüsteem	Jaotustorustiku soojakaod pööningul on suured
Soojussõlm	Avatud soojussõlm	Välis temperatuuri anduriga automaatika juhib kütmist
Soojussõlm paigaldatud		
Soojussõlme automaatika	Landis & Gyr	
Küttesüsteemi ajamitega regulaatorventiilid	RVP 30.610	
Küttesüsteemi soojusvaheti	Puudub	
Küttesüsteemi ringluspump	Grundfos	
Küttesüsteemi paisupaak	Puudub	
Soojuse arvesti	Kamstrup Multical 602	
Sooja tarbevee valmistamine	Korterites elektriboilerid	
Sooja tarbevee ringluspump	Puudub	
Sooja tarbevee mõõtmine	Puudub	
Torude isolatsioon		
Kaugküttetorustik	Ehitusaegne	
Magistraaltorud	Keldris soojustatud klaasvatiga, pööningul asbozuriidiga	Küttesüsteem on soovitatav ümber ehitada altjaotusega kahetorusüsteemiks
Küttepüstikute torud		
Soojavee torustik		
Küttesüsteem		
Küttekehad	Malmradiaatorid	Töökorras
Tasakaalustusventiilid	Puuduvad	Süsteem vajab tasakaalustamist.
Radiaatoriventilid	Puuduvad	Paigaldada koos termostaatidega.

Korterite sisekliima ankeedi tulemuste alusel võib öelda, et hoone on suhteliselt ühtlaselt kõetud, soojusenergia jaotamine on ebaühtlane ja korterite temperatuurid erinevad 4-5 kraadi. Ülaltjaotusega küttesüsteemi eripärast tulenevalt on ülemise korruse korterid soojemad kui alumise korruse korterid. Soojad korterid põhjustavad üleliigset energiakulu, jahedate korterite elanikud on rahulolematud. Küttesüsteemi tasakaalustamisega ei ole võimalik seda ebaühtlust likvideerida ja radiaatorid on vaja varustada regulaatorventiilidega.

Olemasolev ülaltjaotusega ühetorusüsteem ei ole tänapäeva küttelahendusi silmas pidades otstarbekas ja ökonoomne. Olemasoleva ülaltjaotusega jaotustorustiku hinnanguline soojuskadu on 23 MWh/a, mis on 10% soojatarbimisest. Kütte magistraaltoru pööningul jääb ka pärast täiendavat isoleerimist mõningal määral kütma katusealust ruumi, mis on väljaspool soojustatud majakarpi. Arvestades hoone ja küttesüsteemi vanust ei ole otstarbekas teha kulutusi olemasoleva küttesüsteemi parendamisse osade kaupa (tasakaalustamine, isoleerimine jm), vaid ehitada välja

uus altjaotusega kahetorusüsteem ja paigaldada uued radiaatorid vastavalt soojustatud maja küttevajadusele. Investeering on ca 54 tuh eurot.

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

Küttesüsteemi rekonstrueerimisel on oluline vahe, kas seda tehakse enne või pärast välispiirete soojustamist. Pärast välispiirete soojustamist dimensioonitakse küttesüsteem ca 40% väiksemale võimsusele kui enne ja see kajastub mõningal määral ka küttesüsteemi rekonstrueerimise hinnas.

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse asulavõrgust. Tarnija on Võru Vesi AS. Soe tarbevesi valmistatakse elektri boileritega korterites ja sooja vee koguseid ei mõõdetata. Tsentraalse soojaveesüsteemiga kortermajades on sooja tarbevee osakaal keskmiselt 35-40% kogu veetarbimise mahust. Antud hoones on hinnanguliselt sooja vee osakaal 35% kogu veetarbimise mahust ja sooja vee valmistamiseks kulub keskmiselt 20 MWh/a elektrienergiat, mille maksumus elektrienergia üldteenuse hinna juures (197,2 €/MWh) on 3990 €/a. Veetarbimise maht on ca 55% normatiivsest. Koos uue küttesüsteemiga on soovitatav on välja ehitada ka tsentraalne soojaveesüsteem ja sooja tarbevee soojendamiseks kasutada kaugkütet, mille energia hind (107,9 €/MWh) on madalam kui elektri hind. Arvestades ka soojuskadusid magistraaltorustikus (20%) on sooja vee valmistamise rahaline sääst 1570 €/a.

Olmekanalisatsioon juhitakse asulavõrku. Hoonesisene torustik on töökorras.

3.4 Ventilatsioonisüsteem

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

Vanematesse korruselamutesse on originaallahendusega projekteeritud loomulik õhuvahetus: väljatõmme köögist, WC-st ja vannitoast ning välisõhu juurdevool läbi akende ja piirdetarindite ebatiheduste. Loomuliku ventilatsiooni tingimustes oleneb õhuvahetus hoonepiirete (eeskätt akende) õhupidavusest, välis- ja sisetemperatuuri vahest, tuule tugevusest ja suunast, vertikaalse ventilatsioonikanali kõrgusest ja seisukorrast. Renoveerimata elamute alumistel korrustel võib õhuvahetus talvel olla isegi liiga suur, suvel aga liiga väike. Ülemiste korruste korterites on õhuvahetus üldjuhul alati ebapiisav. Loomuliku ventilatsiooniga ei ole võimalik stabiilselt kindlustada vajalikku õhuvahetust, eriti korruselamute viimastel korrustel. Loomulik õhuvahetus väheneb väga oluliselt uute akende paigaldamise tagajärjel ja korteris võivad tekkida tõsised sisekliima probleemid. Nõrk ventilatsioon või ventilatsiooni puudumine tähendab, et saastunud õhku ei eemaldata ruumist. Seega ei ole kindlustatud inimese elutegevuseks vajaliku värskõhu vooluhulk ja selle loomulik ringlemine ning ei ole tagatud tervislik mikrokliima. Korterite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on toaõhu kõrgeenenud niiskus, mis külmadele seintele kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Vähemtajutav on toaõhku

kontsentreeruvad CO₂ ja muud elutegevusega kaasnevad jääkained, millises keskkonnas pideval viibimisel on tulemuseks töövõime langus ja oht tervisekahjustuste tekkeks.

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

Ventilatsioonisüsteem on ülalkirjeldatud ehitusaegne loomuliku väljatõmbega. Köökides ja sanitaarruumides on ventilatsiooniavad.

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kord arv 0,4 1/h näitab, et hoone keskmine ventilatsioonitase on alla normi ja korterite õhuvahetus ei ole piisav.

Paljudes korterites ei ole ventilatsioonitase rahuldav, nagu näitas maja sisekliima ankeet. Osa ventilatsioonikanaleid on ummistunud ja puudub võimalus ventilatsiooni intensiivsust reguleerida. Korterites, kus ventilatsioon on liiga intensiivne, on küll pidevalt värske õhk tagatud, kuid sellega võib kaasneda ülemäärane energiakulu. Ventilatsioonisüsteem vajab korrastamist.

Ventilatsioonikanalid võivad olla ummistunud ja ning neid tuleb perioodiliselt puhastada ning vajadusel ka tihendada. Lihtsaimaks viisiks probleemi lahendada, on elanike teavitamine ja olulisel määral õhutamise intensiivistamine ka akende kaudu tubade tuulutamise teel. Samal ajal peab küttesüsteem tagama piisava võimsuse õhu soojendamiseks. Alakõetud korteris on peaaegu võimatu tagada nõuetekohast ventilatsioonitaset.

Ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimist tuleb alustada olemasoleva olukorra selgitamise, ventilatsioonikanalite uurimise ja kaardistamisega. Tuleb kontrollida, missuguses olukorras on väljatõmbekanalid ja kas korterid on ühendatud õige ventilatsioonikanaliga. Korterühistu peab andma ventilatsiooni projekteerijale adekvaatse ülevaate olemasoleva süsteemi tegelikust olukorrast, et saaks vastu võtta õigeid rekonstrueerimisotsuseid. Uues süsteemis olemasolevate vigaste ventilatsioonikanalite kasutamine, ilma neid korda tegemata võib kogu investeeringu mõttetuks muuta. Parema sisekliima asemel saadakse suurenenud energiakulu.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamiseks keskmisel tasemel peab eluruumide õhk vahetuma üks kord kahe tunni jooksul ($n=0,5$ 1/h) ja sissepuhutava värske õhu soojendamiseks vajatakse 45 MWh/a, mida on 9 MWh/a rohkem kui praegusel ajal õhu soojendamiseks kulub. Ventilatsiooni intensiivistamine tõstab küttekulu.

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

Renoveerimismeetodi valikul tuleb arvestada olemasolevat olukorda ja võimalusi. Meetodi valikul on ka oluline, kas ventilatsiooni renoveerimine toimub korterite kaupa või terves hoones korraga. Esmajärjekorras tuleb renoveerimislahenduste valikul otsustada nende ulatuse ja taotletava taseme üle. Korterelamu renoveerimisel on soovitatav lähtuda terviklikkuse printsiibist. Hoone välispiirete soojapidavus ning kütte- ja ventilatsioonisüsteemi efektiivsus moodustavad ühtse terviku, mille toimimisest sõltub hoone kui eluruumi väärtus ja ülalpidamiskulud. Ventilatsiooni rekonstrueerimise korral on ventilatsiooni efektiivsuse tagamiseks oluline planeerida suunatud värske õhu sissevool kõrgema puhtusastmega ruumide (elu- ja magamistoad) kaudu ja saastunud õhu väljavool kõrgema saastetasemega ruumide (köök, sanitaarruumid) kaudu. Selle põhimõtte järgimisel tagatakse hea sisekliima ka suhteliselt madala õhuvahetuse taseme juures.

Nõuetekohase ja stabiilse ventilatsiooni tagamiseks suhteliselt väikeste algkuludega on kaks varianti: 1) paigaldatakse magamistubadesse ja elutuppa ventilaatoriga värskõhuklapid. 2) paigaldatakse kööki pliidikubu ja sanitaarruumidesse väljatõmbe ventilaatorid, magamistubadesse ja elutuppa paigaldatakse värskõhuklapid. Mõlema variandi puhul puhastatakse olemasolevad ehituslikud ventilatsioonikanalid ja vajadusel tihendatakse. Orienteeruv ehitusmaksumus on ca 200-400 eurot korteri kohta. Investeeringu summa on suurusjärgus 8000 € ja eesmärk on elamistingimuste ja sisekliima parandamine.

Energia kokkuhoiu saavutamiseks, ilma õhuvahetuse intensiivsust vähendamata, on vaja soojast väljatõmbeõhust energia üle kanda sissepuhkeõhule, et seda soojendada. Soojustagastusega ventilatsioonisüsteem tagab mugavad ja tervislikud elamistingimused (eluruumidesse siseneb külmal ajal soojendatud õhk) ja õhuvahetus ei sõltu välistingimustest. Peale mugavuse hoitakse kokku 70-80% ventilatsiooniõhu soojendamiseks vajaminevat soojusenergiat. Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemid sisaldavad klassikaliselt nii sissepuhke kui ka väljatõmbetrakti ja energiatagastusega ventilatsiooniagregaat.

Kortermajas on võimalik lahendada soojustagastusega ventilatsioon korteripõhiselt või tsentraalselt terve maja jaoks tervikuna.

Ventilatsioonilahenduse valik sõltub eluruumide paiknemisest olemasolevate ventilatsioonikanalite suhtes, korteriomanike eelistusest ja tööde maksumusest. Tsentraalne ventilatsiooniseade paigaldatakse põõningule või keldrisse ja värskõhu torustik paigaldatakse välisseina peale soojustuse sisse või trepikodadesse, kui seal on selleks piisavalt ruumi. Tsentraalse lahenduse korral on eluruumide ventilatsioon kogu majas ühesuguse intensiivsusega. Korteripõhine lahendus on individuaalselt reguleeritav aga korteris peab olema ruumi seadmete paigaldamiseks.

Tüüpiliselt projekteeritakse renoveeritavatesse kortermajadesse tsentraalne ventilatsioonisüsteem. Saastunud õhu väljatõmbekanalitena kasutatakse olemasolevaid ventilatsioonilõõrisid ja värskõhu sissepuhkekanalid paigaldatakse välisseina peale soojustuse alla. Sellise lahenduse eeliseks on toruõõde puudumine korterite.

Soojustagastusega ventilatsiooniga võib kokku hoida 70-80% normikohase ventilatsiooni tagamiseks vajalikust energiast. Kokkuhoiu eelduseks on rekonstrueeritud küttesüsteem, mille radiaatoritel on termostaatventiilid. Orienteeruv ehitusmaksumus on 3000 € korteri kohta, sõltuvalt korteri suurusest ja seadme tüübist.

Võrreldes loomuliku ventilatsiooni teel (värskõhu avad seintes) tagatud normikohase õhuvahetusega, võimaldavad energiatagastusega agregaadid (soojustagastus 80%) sama õhukoguse juures kokku hoida vähemalt 36 MWh/a. Investeeringu eesmärk on elamistingimuste parandamine ja energiasääst.

3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

Tabel 11

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus	Energia-sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvus-aeg	Meetme eluiga
		EUR	MWh/a	EUR/a	Aasta	Aasta
Loomulik ventilatsioon	Eluruumidesse värskeõhu avad, nõudluspõhine väljatõmme.	8.000	-9	-1.020		30
Kokku		8.000	-9	-1.020		
Tehnilised komplekslahendused						
Uus küttesüsteem	Rekonstrueerimine kahetorusüsteemseks.	54.000	23	2481	22	30
Sundventilatsioon soojustagastusega	Tsentraalne lahendus	96.000	36	3916	25	25
Soojaveesüsteem	Tsentraalne soojaveesüsteem	22.000	Odavam energia	1569	14	30

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

3.6 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri tarbimine on seotud soojussõlme seadmete tarbimisega, trepikodade ja keldri valgustusega. Visuaalsel ülevaatusel ei tuvastatud elektrisüsteemis puudusi.

3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

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

Vastavalt „Korterelamute energiaauditite koostamise juhend” [1] toodud arvutusmetoodikale on antud hoone vabasoojuskooormus järgmine:

Tabel 12

Vabasoojuse komponendid		Vabasoojus- koormus	Kütteperioodi vabasoojus köetava pinna kohta
Elanikud		kW	kWh/m ²
Elanike arv	39	1,2	6,2
Olmeline elektritarbimine			
Tarbitud energia, MWh/a	19	1,6	8,5
Päikesekiirgus	m ²		
Aknad kirdesse ja loodesse	113	2,0	10,5
Aknad kagusse	31	1,0	5,3
Aknad edelasse	97	3,1	16,3
Kokku		8,8	46,8

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

Väljas asuva temperatuurianduriga automaatse soojussõlme, kuid ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi korral on vabasoojuse kasutustegur 0,55. Kui radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid ja küttekulude individuaalne arvestus, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,70.

Ruumide siseõhu temperatuuritõus vabasoojuse arvelt sõltub soojuskadudest läbi v lisperite ja soojuskaost ventilatsiooni kaudu. Rekonstrueerimispakettide koostamisel on v lisperite osalise soojustamise korral silmas peetud soojuskadude  htlustamise vajadust. K tte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine toimub koosk laliselt v lisperite soojustamisega, et tagada tervislik sisekliima ja k tte optimaalse reguleerimise võimalus.

Vastavalt renoveerimispaketis planeeritud t odele muutub vabasoojuse mõju hoone sisetemperatuurile ja vabasoojuse kasutusaste ning summaarsed soojuskaod määravad välistemperatuuri (tasakaalutemperatuur), millest madalamal on vaja hoone kütmiseks kasutada täiendavat soojusenergiat. Tasakaalutemperatuuride arvutus praeguse olukorra ja säästumeetmete pakettide jaoks on toodud Tabelis 13.

Tabel 13

Kasutatava vabasoojuse ja tasakaalutemperatuuri arvutus	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmete paketid		
			I	II	III
Keskmine vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	8,8	8,8	8,8	8,8
Vabasoojuse kasutustegur, η		0,55	0,7	0,7	0,7
Utiliseeritav vabasoojuskooormus, $\Phi_{UT}=\eta*\Phi_{VS}$	kW	4,9	6,2	6,2	6,2
Erisoojuskaod läbi välispiirete, $H_{vp}=\sum U_i*A_i/1000$	kW/K	1,89	1,63	0,74	0,53
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,40	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, $H_{vent}=L*c*\rho$	kW/K	0,38	0,48	0,48	0,12
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/K	2,27	2,12	1,22	0,65
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{UT} / H$	°C	2,1	2,9	5,1	9,4
Arvutuslik tasakaalutemperatuur, $t_B=21-\Delta t_{vs}$	°C	18,9	18,1	15,9	11,6
Energiaarvutuste korrigeeritud tasakaalutemperatuur	°C	17	18	16	13

Hoone tasakaalutemperatuuriks praeguses olukorras on arvutuslikult 18,9°C eeldusel, et maja kogu köetava mahu keskmine temperatuur on 21°C. Tarbimisandmete alusel määratud tasakaalutemperatuuri väärtuseks on 17,0°C (Joonis 4). Arvestades, et korterite keskmine temperatuur ankeetide põhjal on 20,5°C, on hoone energiabilanss on koostatud tasakaalutemperatuuril 17°C.

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

4. Kokkuvõtte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorrast ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest ja vajadusest lähtuvalt on hoone kohta koostatud kolm säästumeetmete paketti.

Pakettide koostamisel on seatud eesmärgiks täita määruse „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused ja kord“ (EITm 24) nõudeid, et korteriühistul oleks võimalik taotleda hoone rekonstrueerimiseks vahendeid, mis on suunatud energia lõpptarbimise vähendamise saavutamisele hoonete energiatõhusust suurendavate meetmete elluviimisel. Pakettide koostamisel on lähtutud ka põhimõttest, et pakettis sisalduvad meetmed peavad toetama omavahel energiasäästu saavutamist ning tagama kogu majas ühtlase ja nõuetekohase sisekliima.

Energiasäästu suhtarvud (säästuprotsent) ja soojusenergia eritarbimine on arvutatud kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia muutmise alusel. Energiatõhususarvu (ETA) prognoos (arvutuslik energiamäärgis hoone kasutamisel standardtingimustel) on tehtud vastavalt määrusele MTMm nr 58, mille kohaselt sooja tarbevee valmistamise energia erikulu kortermajades on 30 kWh/(m²·a) ja olmeelektri tarbimine on 29 kWh/(m²·a) köetava pinna ruutmeetri kohta. Soojussõlme pumpade elektri eritarbimine on arvestatud 0,5 kWh/(m²·a). Ventilatsiooni väljatõmbeventilaatorite erivõimsus on 0,5 W/(l/s) ja soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi väljatõmbe-sisepuhke ventilaatorite erivõimsus on 1,8 W/(l/s). Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus on minimaalselt 0,5 1/h.

4.1 Säästumeetmete paketid

Säästumeetmete pakett I –minimaalselt vajalikud tööde elamistingimuste ühtlustamiseks ja küttekulude vähendamiseks.

Soojustatakse sokkel ja pööningu vahelagi. Ülaltjaotusega küttesüsteem ehitatakse ümber altjaotusega kahetorusüsteemiks ja paigaldatakse uued termostaatidega radiaatorid. Koos küttesüsteemi ümberehitamisega ehitatakse ka tsentrallne soojavesüsteem. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid ja väljatõmbeventilaatorid.

Tabel 14

t_B= 18 °C	Säästumeetmete pakett I	Tööde hind	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 0,5 1/h	Sundväljatõmme, värskõhu klapid seinas	8.000				30
Pööningu vahelagi	Soojustus 400 mm	11.000				30
I korruse põrand	Soojustus 100 mm soklil peal	11.000				30
Põranda-seina liide, jm	Soojustatakse sokli-seina liide akendeni	14.000				30
Soe tarbeveesi	Rekonstrueerimine soojavesüsteem	22.000				30
Uus küttesüsteem	Rekonstrueerimine kahetorusüsteemseks.	54.000				30
Kokku		120.000	25	4.295	28	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 11%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 210 kWh/(m²·a)

Energiatõhususarv (ETA) – 205 kWh/(m²·a), energiamärgise klass - E

Säästumeetmete pakett II – rekonstrueerimistoetuse määr 40% tööde maksumusest.

Soojustatakse välisseinad, sokkel ja pööningu vahelagi. Vahetatakse uute vastu ehitusaegsed aknad. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värsketu klapiid, ventilatsiooni väljatõmbekanalitele paigaldatakse ventilaatorid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse kahetorusüsteemseks, paigaldatakse uued radiaatorid koos termostaatidega. Ehitatakse välja tsentraalne soojaveesüsteem.

Tabel 15

t_B= 16 °C	Säästumeetmete pakett II	Tööde hind	Energia säät	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 0,5 1/h	Sundväljatõmme, värsketu klapiid seinas	8.000	-7			30
Kõlgseinad	Soojustus 150 mm	71.000	51			30
Otsaseinad	Soojustus 150 mm	27.000	19			30
Pööningu vahelagi	Soojustus 400 mm	11.000	17			30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	2.000	2			30
I korruse põrand	Soojustus 100 mm sokli peal	11.000	5			30
Aknaümbruse külmasild, jm	Aknapaled soojustatakse	7.000	14			30
Põranda-seina liide, jm	Soojustatakse koos seinaga	4.000	2			30
Soe tarbeveesi	soojaveesüsteem	22.000				30
Uus küttesüsteem	Rekonstrueerimine kahetorusüsteemseks.	54.000	23			30
Soojaveesüsteem	Tarindit ei renoveerita	000				30
Kokku		217.000	129	15.438	14	

Soojusenergia sääst - 45%

Soojusenergia eritarbimine kõetavala pinnale – 117 kWh/(m²·a)

Energiaõhususarv (ETA) – 144 kWh/(m²·a), energiamärgise klass – C.

Säästumeetmete pakett III — rekonstrueerimistoetuse määr 50% tööde maksumusest.

Välispiirete soojustamine toimub analoogiliselt pakatile II. Kõik aknad vahetatakse uute ja parema soojapidavusega akendd vastu. Aknad tõstetakse seinä tasapinda soojutuse sisse. Küttesüsteem rekonstrueeritakse täielikult reguleeritavaks kahetorusüsteemseks ja ehitatakse tsentraalne soojaveesüsteem. Värskeõhu klappide asemel paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem.

Tabel 16

$t_B = 13\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett III	Töö hind	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 0,5 1/h	Soojustagastusega ventilatsioon, efektiivsus 75%	96.000				30
Külgseinad	Soojustus 200 mm	71.000				30
Otsaseinad	Soojustus 200 mm	27.000				30
Pööningu vahelagi	Soojustus 400 mm	11.000				30
Aknad uued	Uued pakettaknad (3 klaasi)	39.000				30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	2.000				30
I korruse põrand	Soojustus 100 mm sokli peal	11.000				30
Aknaümbruse külmasild, jm	Uued aknad tõstetakse soojutuse sisse	17.000				30
Põranda-seina liide, jm	Soojustatakse koos seinaga	4.000				30
Soe tarbeveesi	Tsentraalne soojaveesüsteem	22.000				30
Uus küttesüsteem	Rekonstrueerimine kahetorusüsteemseks.	54.000				30
Kokku		354.000	189	21.999	16	

Soojusenergia sääst - 72%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale –60 kWh/(m²·a)

Energiatõhususarv (ETA) – 118 kWh/(m²·a), energiamärgise klass - B

4.2 Rekonstrueerimine ja maksekoormus

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

Korteriühistutele antakse rekonstrueerimistoetust vastavalt EITm 24. Rekonstrueerimistoetuse suurus sõltub hoone rekonstrueerimisel saavutatavast energiatõhususe tasemest ja võib olla 40% või 50% rekonstrueerimistööde maksumusest. Tänu rekonstrueerimistoetusele on võimalik hoonete ulatuslikule kordategemisele asuda ka korteriühistutel, kellel puuduvad rahalised reservid.

Allpool toodud tabel annab ülevaate elanike maksekoormuse muutumisest pärast hoone rekonstrueerimist auditis soovitatud erinevate pakettide korral.

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

Tabel 17

1.	Praeguses olukorras baasaasta soojusenergia kulu küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	236		
1.1	Soojusenergia hind	€/MWh	107,89		
1.2	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	25.429		
1,3	Aastane rahakulu sooja tarbevee tootmiseks elektriga	€/a	3.990		
1,4	Kütte maksumus eluruumide pinna kohta kuus	€/m²·kuu	1,96		
2.	Rekonstrueerimistööde pakett		Pakett I	Pakett II	Pakett III
2.1	Hinnanguline investeeringumaht	EUR	120.000	217.000	354.000
2.2	Rekonstrueerimistoetuse määr		0%	40%	50%
2.3	Omafinantseering pangalaenuga	EUR	120.000	130.200	177.000
2.4	Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	14.580	15.819	21.506
2.5	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	13,46	14,60	19,85
2.6	Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	8.726	9.468	12.871
2.7	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	8,05	8,74	11,88
3.	Pärast rekonstrueerimist normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	210	107	46
3.1	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	22.702	11.559	4.998
3.2	Aastane rahakulu sooja tarbevee tootmiseks	€/a	2.422	2.422	2.422
3.3	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	20,95	10,67	4,61
3.4	Maksekoormus (küte+laen) 10 a laenuga	€/a	39.704	29.800	28.925
3.5	Maksekoormus kuus eluruumide pinna kohta	€/m²·kuu	3,05	2,29	2,22
3.6	Maksekoormus (küte+laen) 20 a laenuga	€/a	33.851	23.449	20.291
3.7	Maksekoormus kuus eluruumide pinna kohta	€/m²·kuu	2,60	1,80	1,56
3.8	Maksekoormuse muutus 10 a laenuga	€/m²·kuu	0,79	0,03	-0,04
3.9	Maksekoormuse muutus 20 a laenuga	€/m²·kuu	0,34	-0,46	-0,70

Tänu kõrgele toetusemäärale ja suurele energiasäästule muutuvad elanike reaalsed eluasemekulud kõige vähem pärast suuremahulise energiasäästupaketi III realiseerimist, kui võetakse

pikemaajaline laen. Pikem laenuperiood võimaldab alandada maksekoormust, kuid tõstab seejuures laenuraha hinda.

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

4.3 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Võru linnas Jüri tn 14 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmise aasta soojusenergiakasutust 236 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 67MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 354 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 16 aastat.

5. Kasutatud allikad

1. Korterelamute energiaauditite koostamise juhend – KredEx (http://www.kredex.ee/public/Energiatohusus/Korterelamute_energiaauditite_....pdf)
2. EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded
3. EVS-EN ISO 6946:2004 Hoonete komponendid ja hoonekonstruktsioonid. Arvutusmeetod
4. Eesti Kraadpäevad - Kredex (<http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>)
5. Eesti eluasemefondi suurpaneel-korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2009. (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
6. Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2010 (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
7. Kütteenergia tarbimise vähendamine korterelamutes läbi tarbijate teadlikkuse tõstmise ja käitumisharjumuste muutmise, tuginedes individuaalse küttekulu mõõtmisele. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2012. (http://www.kredex.ee/public/Uuringud/Allokaatorid_uuring_191112.pdf).
8. Enno Abel, Hendrik Voll, Teet Tark. Hoonete energiatarve ja sisekliima. Presshouse. Tallinn, 2014.

6. Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L 1

Mõõtesead	Tüüp	Täpsus	Töövahemik
Termokaamera	FLIR B60	Temp $\pm 1^{\circ}\text{C}$ eraldusvõime 0,1 $^{\circ}\text{C}$	-20 - $+120^{\circ}\text{C}$
Sisekliimatester	TES 1370 NDIR CO ₂ Meter	RH $\pm 1\%$; Temp $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ CO ₂ 2,75% $\pm$ 75ppm	10-90% RH Temp -20- $+60$ CO ₂ 0-5000ppm

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

7. Lisad

7.1. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 2

MWh	2017	2018	2019	2020	2021
Jaanuar	38,1	36,6	41,2	33,5	37,5
Veebruar	33,1	39,7	29,2	32,9	37,5
Märts	28,3	36,7	27,5	26,8	29,6
Aprill	23,0	16,8	14,2	17,5	16,2
Mai	7,9	0,7	6,5	5,5	6,9
Juuni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juuli	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Septembe	5,0	2,3	6,7	1,7	10,5
Oktoober	17,1	13,7	15,4	14,1	17,1
Novembe	25,4	25,1	23,7	22,7	25,7
Detsembe	32,8	35,4	33,2	32,6	43,4
Kokku	210,7	207,1	197,6	187,3	224,5

7.2. Tarbevee tarbimisandmed kokku

Tabel L 3

m ³	Külm tarbevesi				
	2017	2018	2019	2020	2021
Jaanuar	68	65	74	75	85
Veebruar	64	61	72	70	75
Märts	73	71	74	78	81
Aprill	70	66	80	74	72
Mai	65	70	73	72	80
Juuni	64	74	79	74	77
Juuli	69	74	76	75	76
August	69	74	78	75	75
September	63	79	77	72	73
Oktoober	71	77	78	78	71
November	63	73	72	71	68
Detsembe	71	75	79	77	80
Kokku	810	859	912	891	913

7.3. Soojavee tarbimisandmed

Tabel L 4

Andmed puuduvad

7.4. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 5

kWh	Korterite elekter				
	2017	2018	2019	2020	2021
Jaanuar	3.923	3.633	3.966	3.683	3.777
Veebruar	3.577	3.324	3.496	3.343	3.359
Märts	3.846	3.612	3.728	3.710	3.539
Aprill	3.530	3.342	3.513	3.403	3.085
Mai	3.356	3.216	3.412	3.321	3.147
Juuni	3.238	3.119	3.173	2.957	2.919
Juuli	3.249	3.197	3.196	2.951	2.831
August	3.294	3.197	3.291	3.043	3.008
September	3.265	3.302	3.356	3.231	3.121
Oktoober	3.656	3.605	3.558	3.268	2.907
November	3.472	3.692	3.562	3.385	3.016
Detsember	3.799	3.987	3.833	3.698	3.467
Kokku	42.205	41.227	42.085	39.993	38.177

Tabel L 6

kWh	Üldelekter				
	2017	2018	2019	2020	2021
Jaanuar	304	318	283	295	298
Veebruar	269	259	251	278	265
Märts	291	281	285	305	314
Aprill	297	263	264	273	274
Mai	166	64	161	120	177
Juuni	36	39	39	40	43
Juuli	38	39	46	43	39
August	42	35	44	50	47
September	197	94	153	90	242
Oktoober	286	288	280	273	297
November	297	278	293	292	272
Detsember	327	287	305	308	285
Kokku	2.550	2.243	2.404	2.367	2.554

7.5. Tarbegaasi tarbimisandmed

Tabel L 7

Tarbegaas puudub

7.6. Termograafilise ülevaatus aruanne ja fotod

Vormistatud eraldi aruandena