

Tellija andmed:



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks

korterelamu ENERGIAAUDIT



Keila, Harjumaa

Auditeerimise aeg: jaanuar 2015

Logeritega mõõtmine: 4.01.2015 –7.01.2015

Aruanne esitatud: 16.01.2015

Auditeerija andmed:

Elu- ja Planeerimiskorraldus OÜ

Tallinn 2014

Eessõna

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Harjumaal, Keila linnas aadressiga kahekorruselise telliskorterelamu piirdetarindite, kütte,- ventilatsioonisüsteemide hetkeolukord ning võimalused energiatarbe vähendamiseks. Säästuettepanekutes on ära toodud nende realiseerimise üldine mõju, saavutatav sääst ja investeeringute tagasimaksuajad.

Auditeerimise mahu ja mudeli aluseks on võetud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning Tallinna Tehnikaülikooli poolt väljatöötatud hoonete energiaauditi juhendmaterjal.

Ülevaatus tugineb insenertehnilistel mõõdistustöödel, hoone projektdokumentatsiooni analüüsil ja valdaja küsitlusandmetel. Auditeerimine viidi läbi kolmeastmelisena: a) hoone lähteandmete kogumine (üldandmed, energiatarve) valdajale väljasaadetud küsitluslehe abil; b) hoone inspekteerimine ja küsitluslehe täitmine; c) kogutud andmete põhjal insenertehniliste ja majanduslike arvutuste sooritamine ning auditiraporti koostamine.

Hoone auditeerimisel analüüsiti 2011...2013 aasta soojus-, elektrienergia ja tarbevee kulu ning vastavaid rahalisi kulutusi. Meetmete tasuvuse hindamisel võeti arvesse kehtivad soojus- ja elektrienergia hinnad.

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

Õhuvahetusest tingitud soojuskadusid hinnati kaudselt õhuvahetuse kordarvu alusel.

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

Väljapakutud energiasäästu ettepanekute realiseerimine võib nõuda vastavate tööde jaoks vastava projekti koostamist (erijuhul ka ehitusluba), mida tuleks arvestada ehitusfirmadelt tööde hinnapakkumiste küsimisel.

Säästupotentsiaal, energiahinnad ja kõik kulutused auditis on arvestatud käibemaksuga 20%.

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit KÜ juhatuse esimees

Korterelamu energeetilise auditeerimise viis läbi

Sisukord

1. Energiaauditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest	5
1.1. Ülevaade hoone soojusenergia kuludest.....	5
1.2. Hoone sisekliima parandamise ja energiasäästu meetmete paketid	5
1.3. Kokkuvõte meetmete pakettidest.....	11
2. Auditeeritava hoone üldine iseloomustus	13
2.1. Asukoht ja paiknemine	13
2.2. Hoone olulisemad andmed	13
2.3. Läbiviidud renoveerimis/ rekonstrueerimistööd.....	14
2.4. Hoone piirded	14
2.4.1. Välisseinad ja sokkel.....	14
2.4.2. Katus ja pööning	14
2.4.3. Esimese korruse põrand ehk keldri vahelagi	15
2.4.4. Avatäited	15
2.5. Tehnosüsteemid	16
2.5.1. Kütte- ja sooja tarbevee ettevalmistamise süsteemid.....	16
2.5.2. Ventilatsioonisüsteem	17
2.5.3. Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.....	18
2.5.4. Elektrisüsteem.....	18
3. Sisekliima mõõtmistulemused.....	19
3.1. Siseõhutemperatuur mõõtmisperioodil.....	19
3.2. Suhteline õhuniiskus mõõtmisperioodil	19
4. Energiatarbimise analüüsi tulemused.....	21
4.1. Soojusenergia kulu analüüs	21
4.2. Elektrienergia tarbimise analüüs	23

4.3. Tarbevee tarbimise analüüs	24
4.5. korterelamu kaalutud energiakasutuse klass.....	25
4.6. Kokkuvõtte energiatarbimise analüüsist.....	26
5. Hoone soojusbilanss.....	27
6. korterelamu renoveerimislahendused.....	30
6.1. Hoone soojuskaod peale renoveerimist renoveerimispakettides pakutud meetmete rakendamisel....	30
6.2. Renoveerimislahenduste kirjeldamine.....	33
6.2.1. Välisseinad ja sokkel.....	33
6.2.2. Pööningu põrand ja katus.....	33
6.2.3. Külmasillad	34
6.2.4. Avatäited: aknad ja välisüksed.....	34
6.2.5. Küttesüsteem.....	35
6.2.6. Ventilatsioonisüsteem	35
6.2.6.1. Värskeõhuklappide paigaldus koos väljatõmbeventilaatoritega köögis ja sanitaarruumides.....	36
6.2.6.2. Korteripõhise agregaadiga mehaaniline sissepuhke-väljatõmbeventilatsioon.....	37
6.2.6.3. Tsentraalne mehaaniline väljatõmme, värskeõhuklappide paigaldus ja ventilatsiooni soojuspump.....	38
6.3. korterelamu energiatõhususe parandamise majanduslik analüüs	39
7. Lisad	41
7.1. Vabasoojuskoormuse ja tasakaalutemperatuuri leidmine.....	41
7.2. Vent-Axia tooted	43
7.3. Kasutatud kirjandus	44

1. Energiaauditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi läbiviimise tulemustest. Energiaauditi analüüsi aluseks on Tellijalt saadud 2011...2013 aasta energiatarbimisandmed (soojus-, ja elektrienergia).

1.1. Ülevaade hoone soojusenergia kuludest

Paldiski mnt. 28c elamu mõõdetud kolme aasta keskmine soojusenergia kogukulu on 117 MWh/a. Normaalaasta kraadpäevadega korrigeeritud kogu soojusenergia tarbimine on 121 MWh aastas ja lähtuvalt hoone kōetavast pinnast 468,6 m² on normaalaasta keskmine soojustarbimine pinnāühikule 259,2 kWh/m² aastas.

Ostetava soojusenergia maksumuseks auditeerimise ajaks (detsember 2014) vastavalt Erakūte AS on 55,09 EUR (km-ga)/MWh. Normaalaasta tarbitud soojusenergia rahaline kulu on keskmiselt 6 666 EUR/a.

Kāesoleva aruande peatükis 1.2. on āra toodud kolm pōhilist energiakokkuhoiu meetmete paketti. Peamiseks eesmārgiks pakettide koostamisel on soojusenergiakulude vāhendamine ning ruumide parema sisekliima saavutamine.

1.2. Hoone sisekliima parandamise ja energiasāastu meetmete paketid

Kāesolevas peatükis on āra toodud kolm pōhilist sisekliima parandamise ja energiakokkuhoiu meetmete paketti. Pōhiliseks eesmārgiks pakettide koostamisel on tervisliku sisekliima loomine, teiseks eesmārgiks on aga energiasāast. Peab silmas pidama, et energiasāastu ei tohi saavutada sisekliima arvelt.

Hoone energiatōhususe parandamiseks vōetava pangalaenu intressimāar vastavalt hetkel kehtivale KredEx-i renoveerimislaenule on 4,2% kogu laenu tagasimakse ajale. Laenu tagasimaksmise ajaks on vōetud 20 aastat (vt ptk 6.3.).

Meetmete paketid on koostatud viisil, mis vōimaldaks renoveerimistōede teostamiseks taotleda KredEx-i toetust. Nii paketiga I on vōimalik taotleda toetust 15%, II paketiga 25% ning III paketiga 40%.

I meetmete pakett (toetus 15%, vārskeōhuklappidega sundvāljatōmbeventilatsioon):

- ❖ ōhuvahetuse suurendamine tagatakse korterelamu ventilatsioonisūsteemi renoveerimisel (korterites pidev ventilatsioon ōhuvahetuskordsusega vāhemalt 0,5 l/h). Olemasolevad ventilatsioonikorstnad puhastatakse (vajadusel tihendatakse vōi paigaldatakse uued vāljatōmbekanalid), kōōki ja sanitaarruumidesse (vōi katusele) vāljatōmbeventilaatorite paigaldamine, vaheustesse paigaldatakse siirdeōhurestid, olemasolevate ventilatsiooniavade taastamine ja vārskeōhuklappide paigaldamine;
- ❖ vālisseintele 15 cm vālimise lisasoojustuse paigaldus ($\lambda_D \leq 0,04$ W/(mK), viimistlus; soojustatakse ka aknapaled 2,5 – 5 cm paksuselt;

- ❖ sokli soojustamine (kinnise ja tiheda kargstruktuuriga, $\lambda_D \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$) väljast poolt 10 cm, sokli uuestiviimistlus;
- ❖ pööningu vahelae olemasoleva soojustuse eemaldamine. Põranda soojustamine vähemalt 300 mm puistevillakihi (isolatsioonimaterjali erisoojusjuhtivus $\lambda_D \leq 0,05 \text{ W/mK}$). Käiguteede (katuseeluugi, korstnate ja muude vajalike kohtade juurde) rajamine. Välisseinast 1,5 m ulatuses tuuletõkkeplaadi paigaldamine;
- ❖ trepikodade välisuste vahetamine energiasäästlike metalluste vastu;
- ❖ trepikodadesse elektri- või keskkütteradiaatorite paigaldamine.

Tabel 1. Meetmete pakett 1

Hoone osad	Parendusmeede kirjeldus ³	Meetme maksumus, EUR*	Soojusenergia-sääst, MWh/a	Säästuväärtus EUR/a ²	Lihttasuvusaeg, aastad ¹	Märkus
Sisekliima parandamise ja energiasäästu meetmete pakett I:						
Välisseinad	Lisasoojustamine 150 mm	34 739				
Sokkel	Lisasoojustamine 100 mm	7 399				
Pööningu põrand	Soojustamine 300 mm puistevillakihi	8 195				
Välisused	Välisuste asendamine	1 825				
Küttesüsteem	Trepikodade radiaatorid	200				
Ventilatsioon	Värskeõhuklapid, väljatõmbeventilatorid	4 686				
Projekteerimine, projektijuhtimine, omanikujärelevalve		15 000				
Kokku:		72 044	42	2 327	31	

¹ – intresse ja KredEx-i toetust arvestamata

² – arvesse võetud hetkel kehtiv 1 MWh soojusenergia hind (vt ptk 6.3.)

³ – täpsem renoveerimismeetmete loetelu on toodud I paketi meetmete loetelus

* - koostatud maksumushinnang on orienteeriv, st. konkreetse objekti renoveerimiseks tuleb koostatud projektdokumentide alusel korraldada hinnapakumuste küsimine potentsiaalsetelt ehitustöid tegevatel ettevõtjatel

I renoveerimismeetmete pakett on koostatud viisil, mis võimaldaks renoveerimistööde teostamiseks taotleda KredEx-i toetust 15% suuruses.

Renoveerimistööde korrektse teostamisel eeldatav energiatõhususarvu klass on E (energiatõhususarvu $ETA \leq 220 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{a)}$).

II meetmete pakett (toetus 25%, värskeõhuklappidega sundväljatõmbeventilatsioon):

- ❖ õhuvahetuse suurendamine tagatakse korterelamu ventilatsioonisüsteemi renoveerimisel (korterites pidev ventilatsioon õhuvahetuskordsusega vähemalt 0,5 1/h). Olemasolevad ventilatsioonikorstnad puhastatakse (vajadusel tihendatakse või paigaldatakse uued väljatõmbekanalid), kööki ja sanitaarruumidesse (või katusele) väljatõmbeventilaatorite paigaldamine, vaheustesse paigaldatakse siirdeõhuretid, olemasolevate ventilatsiooniavade taastamine ja värskeõhuklappide paigaldamine;
- ❖ välisseintele 15 cm välimise lisasoojustuse paigaldus ($\lambda_D \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$), viimistlus; soojustatakse ka aknapaled 2,5 – 5 cm paksuselt;
- ❖ sokli soojustamine (kinnise ja tiheda kärgstruktuuriga, $\lambda_D \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$) väljast poolt 10 cm, sokli uuestiviimistlus;
- ❖ pööningu vahelae olemasoleva soojustuse eemaldamine. Põranda soojustamine vähemalt 400 mm puistevillakihi (isolatsioonimaterjali erisoojusjuhtivus $\lambda_D \leq 0,05 \text{ W/mK}$). Käiguteede (katuseeluugi, korstnate ja muude vajalike kohtade juurde) rajamine. Välisseinast 1,5 m ulatuses tuuletõkkeplaadi paigaldamine;
- ❖ kõik projekti alustamise hetkel vahetamata korterite akende vahetamine kolmekordse klaaspaketiga energiasäästlike akende vastu, mille avatäite kompleksne soojuslähivuse tase paigaldatuna on $U \leq 1,10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;
- ❖ keldri laele 10 cm lisasoojustuse paigaldus ($\lambda_D \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$);
- ❖ trepikodade välisuste vahetamine energiasäästlike metalluste vastu;
- ❖ rekonstrueerima korterelamu keskküttesüsteemi vähemalt korteripõhiselt reguleeritavana ja paigaldama radiaatoritele piirajatega varustatud termostaatventiilid, mis võimaldaks reguleerida ruumi temperatuuri vahemikus 18-23 kraadi;
- ❖ trepikodadesse paigaldada keskkütteradiaatorid.

Tabel 2. Meetmete pakett 2

Hoone osad	Parendusmeede kirjeldus ³	Meetme maksumus, EUR*	Soojusenergia-sääst, MWh/a	Säästuväärtus EUR/a ²	Lihttasuvusaeg, aastad ¹	Märkus
Sisekliima parandamise ja energiasäästu meetmete pakett II:						
Välisseinad	Lisasoostamine 150 mm	34 739				
Sokkel	Lisasoostamine 100 mm	7 399				
Pööningu põrand	Soojustamine 400 mm puistevillakihiga	9 834				
Välisukseid	Välisuste asendamine	1 825				
Korterite aknad	Korterite puitraamidega amortiseerunud akende asendamine	4 984				
Keldri lagi	Lisasoostamine 100 mm	2 000				
Küttesüsteem	Rekonstrueerimine 2-torusüsteemiks, termostaatventiilide paigaldamine; magistraalitorustiku isoleerimine	16 800				
Ventilatsioon	Värskeõhuklapid, väljatõmbeventilatorid	4 686				
Projekteerimine, projekti juhtimine, omanikujärelevalve		15 000				
Kokku:		97 267	69	3 805	25,6	

¹ – intresse ja KredEx-i toetust arvestamata

² – arvesse võetud hetkel kehtiv 1 MWh soojusenergia hind (vt ptk 6.3.)

³ – täpsem renoveerimismeetmete loetelu on toodud II paketi meetmete loetelus

* - koostatud maksumushinnang on orienteeriv, st. konkreetse objekti renoveerimiseks tuleb koostatud projektdokumentide alusel korraldada hinnapakkumuste küsimine potentsiaalsetelt ehitustöid tegevatel ettevõtjatel

II renoveerimismeetmete pakett on koostatud viisil, mis võimaldaks renoveerimistööde teostamiseks taotleda KredEx-i toetust 25% suuruses.

Renoveerimistööde korrektse teostamisel eeldatav energiatõhususarvu klass on D (energiatõhususarv $ETA \leq 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$).

III meetmete pakett (toetus 40%, korterite ventilatsioonagregaadid):

- ❖ õhuvahetuse suurendamine tagatakse korteripõhise soojustagastusega mehaanilise sissepuhke-/väljatõmbe agregaatide paigaldamisega (korterite kööki välisseina lähedale või esikusse paigaldatakse soojustagastusega ventilatsiooniagregaat; sanitaarruumid ja elu- ning magamistoad ühendatakse ventilatsiooniagregaadiga torustike abil), korterites pidev ventilatsioon õhuvahetuskordsusega vähemalt 0,5 1/h;
- ❖ välisseintele 15 cm välimise lisasoojustuse paigaldus ($\lambda_D \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$), viimistlus; soojustatakse ka aknapaale 2,5 – 5 cm paksuselt;
- ❖ sokli soojustamine (kinnise ja tiheda kärgstruktuuriga, $\lambda_D \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$) väljast poolt 10 cm, sokli uuestiviimistlus;
- ❖ pööningu vahelae olemasoleva soojustuse eemaldamine. Põranda soojustamine vähemalt 400 mm puistevillakihi (isolatsioonimaterjali erisoojusjuhtivus $\lambda_D \leq 0,05 \text{ W/mK}$). Käiguteede (katuseluugi, korstnate ja muude vajalike kohtade juurde) rajamine. Välisseinast 1,5 m ulatuses tuuletõkkeplaadi paigaldamine;
- ❖ kõik projekti alustamise hetkel vahetamata korterite akende vahetamine kolmekordse klaaspaketiga energiasäästlike akende vastu, mille avatäite kompleksne soojuslähivuse tase paigaldatuna on $U \leq 1,10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;
- ❖ keldri laele 10 cm lisasoojustuse paigaldus ($\lambda_D \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$);
- ❖ trepikodade välisuste vahetamine energiasäästlike metalluste vastu;
- ❖ rekonstrueerima korterelamu keskküttesüsteemi vähemalt korteripõhiselt reguleeritavana ja paigaldama radiaatoritele piirajatega varustatud termostaatventiilid, mis võimaldaks reguleerida ruumi temperatuuri vahemikus 18-23 kraadi;
- ❖ magistraalitorustiku (sh. sooja tarbevee torustik) isoleerimine;
- ❖ trepikodadesse paigaldada keskkütteradiaatorid.

Tabel 3. Meetmete pakett 3

Hoone osad	Parendusmeede kirjeldus ³	Meetme maksumus, EUR*	Soojusenergia-sääst, MWh/a	Säästuväärtus EUR/a ²	Lihttasuvusaeg, aastad ¹	Märkus
Sisekliima parandamise ja energiasäästu meetmete pakett III:						
Välisseinad	Lisasoostamine 150 mm	34 739				
Sokkel	Lisasoostamine 100 mm	7 399				
Pööningu põrand	Soojustamine 400 mm puistevillakihiga	9 834				
Välisüksed	Välisuste asendamine	1 825				
Korterite aknad	Korterite puitraamidega amortiseerunud akende asendamine	4 984				
Keldri lagi	Lisasoostamine 100 mm	2 000				
Küttesüsteem	Rekonstrueerimine 2-torusüsteemiks, termostaatventiilide paigaldamine; magistraalitorustiku isoleerimine	16 800				
Ventilatsioon	Korteripõhise soojustagastusega mehaanilise sissepuhke-/väljatõmbe agregaatide paigaldamine	23 430				
Projekteerimine, projektijuhtimine, omanikujärelevalve		15 000				
Kokku:		116 011	84	4 646	25	

¹ – intresse ja KredEx-i toetust arvestamata

² – arvesse võetud hetkel kehtiv 1 MWh soojusenergia hind (vt ptk 6.3.)

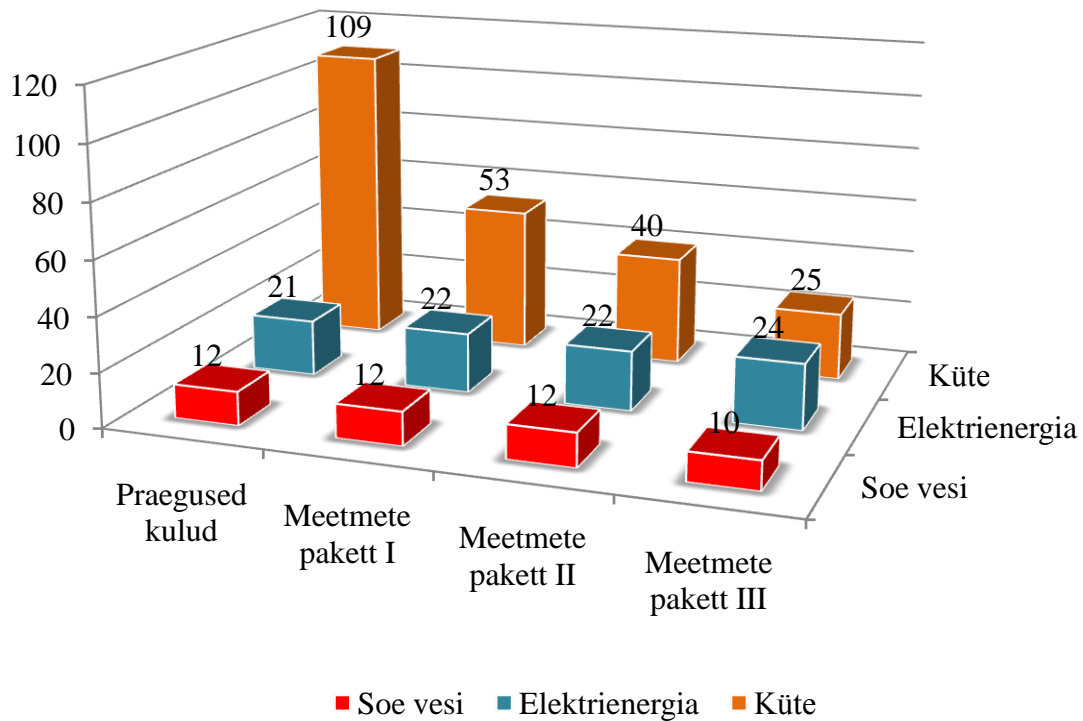
³ – täpsem renoveerimismeetmete loetelu on toodud III paketi meetmete loetelus

* - koostatud maksumushinnang on orienteeriv, st. konkreetse objekti renoveerimiseks tuleb koostatud projektdokumentide alusel korraldada hinnapakumuste küsimine potentsiaalsetelt ehitustöid tegevatel ettevõtjatel

II renoveerimismeetmete pakett on koostatud viisil, mis võimaldaks renoveerimistööde teostamiseks taotleda Kredex-i toetust 40% suuruses.

Renoveerimistööde korrektse teostamisel eeldatav energiatõhususarvu klass on C (energiatõhususarv $ETA \leq 150 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$).

1.3. Kokkuvõte meetmete pakettidest



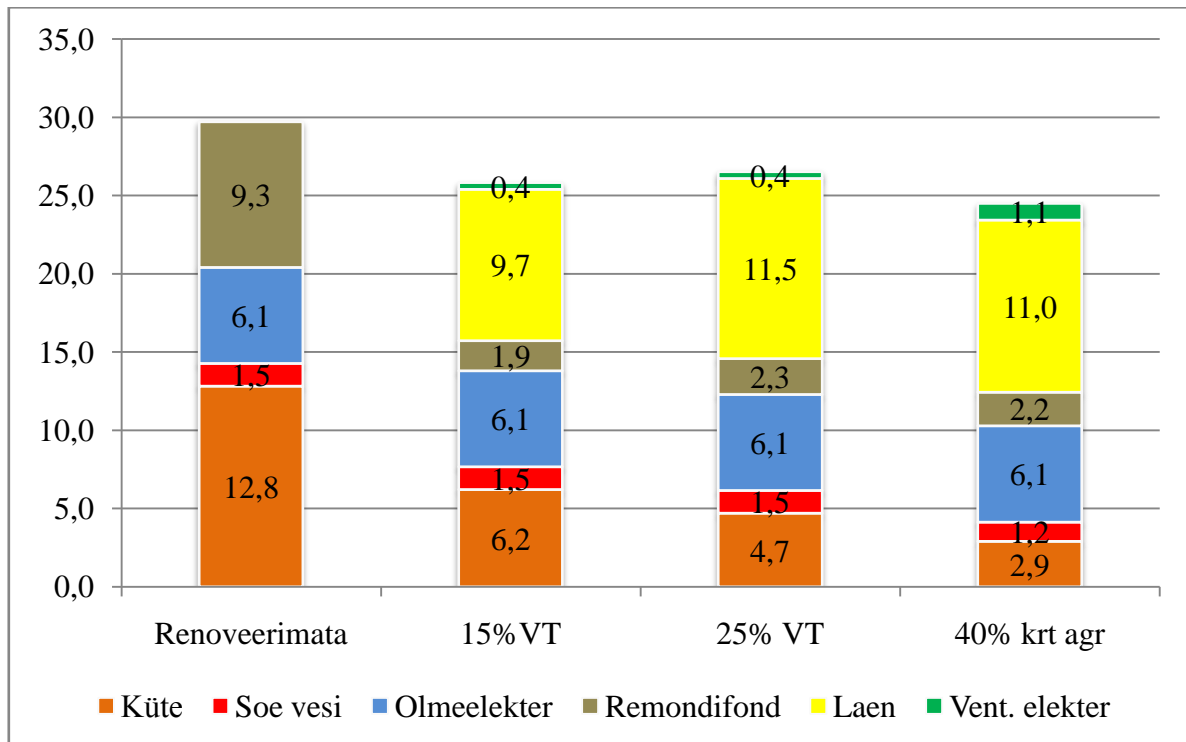
Graafik 1. Energiasäästu potentsiaal renoveerimismeetmete realisierimisel

Tabel 4. Investeeringute maksumused

	Enne renoveerimist	Meetmete pakett I	Meetmete pakett II	Meetmete pakett III
Hoone soojusenergiakulu küttele normaalaastal, MWh/a	109	53	40	25
Investeering, EUR		72 044	97 267	116 011
KredEx-i toetus		10 807	24 317	46 404
Investeering KredEx-i toetust arvestades, EUR		61 237	72 950	69 607
Laenusumma 4,2% laenuintressi arvestades*		90 617	107 949	103 002
Kuumakse, EUR		378	450	429
Kuumakse korterite pinnale, EUR/krt × m ²		0,81	0,96	0,92

* - laenu tagasimakse periood 20 aastat

Järgmine graafik näitab : elamu aastased kommunaalkulud ja kulud laenu maksmisele erinevate renoveerimistöde teostamisel (€/krt×m²). Soojusenergia maksumuseks võetud auditeerimise ajal kehtiv hind, ehk 55,09 eur/MWh (sisaldab EV käibemaksu). Elektrienergia maksumuseks võetud 140 eur/MWh. Remondifondi reserviks on 15%. Laenu tagasimakse perioodiks on 20 aastat.



Graafik 2. aastased kulud

2. Auditeeritava hoone üldine iseloomustus

2.1. Asukoht ja paiknemine

Uuritav korterelamu asub aadressil _____, Keila linn, Harjumaa (vt. Foto 1).



Foto 1.] korterelamu asukoht Maa-ameti kaardiserverilt

2.2. Hoone olulisemad andmed

Tegemist on 1967. aastal ehitatud 2-korruselise kahe trepikojaga telliskorterelamuga. Igas trepikojas on 6 korterit. Hoones on kokku 12 kahetoalist korterit üldpinnaga 468,6 m². Hoone trepikojad ei ole köetavad.

Hoone on tervikuna ehitusaastat arvestades veel suhteliselt rahuldavas seisukorras, kuigi energiasäästu saavutamiseks ja sisekliima parandamiseks vajab lisasoojustamist ja tehnosüsteemide renoveerimist.

Uuritava korterelamu ehisregistri andmed on toodud Tabelis 5.

Tabel 5. Hoone üldandmed (EHR)

Hoone aadress	Keila, Harjumaa
Ehitise nimetus	Elamu
Ehitusaasta	1967
Ehitisregistri kood:	116006512
Hoone kasutusotstarve	Muu kolme või enama korteriga elamu
Minimaalne korruste arv	2
Maksimaalne korruste arv	2
Suletud netopind (m ²) (EHR)	592,8
Kõetav pind (m ²) (EHR)	468,6
Hoone maht, m ³	2587

2.3. Läbiviidud renoveerimis/ rekonstrueerimistööd

Pole hoones peale korterite ja trepikodade akende vahetamist suuremaid renoveerimistöid teostatud, tehtud vaid hädaparased hoone korrashoiuks minevaid töid, mille tulemusel suurt energiasäästu pole saavutatud ning sisekliima olukorda pole muudetud.

2.4. Hoone piirded

2.4.1. Välisseinad ja sokkel

Uuritaval hoonel on madalvundament, mis on laotud vundamendiplokkidest. Hoonel on kogu ulatuses täiskelder.

Hoone välisseinad on silikaattelistest laotud. Välisseina kogupaksus on ~ 430 mm. Kohati on see paksem sõltudes korteriomaniike sooritatud remonttöödest. Mõnel pool on paigaldatud korteri välispiirete siseküljele lisasoojustust. Enamasti on lisasoojustuse paksuseks 50 mm isolatsioonivilla. Siiski täpsemad andmed puuduvad. Siseviimistluses on kasutatud erinevaid materjale. Vastavalt teostatud arvutustest välisseina soojusjuhtivuseks on $U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Siseseinad korterite ja trepikodade vahel on enamasti lisasoojustuseta ja ehitatud ~ 43 cm paksuse tellisseinana. Kuna trepikojad on kütteta, siis ei ole selline seinakonstruktsioon piisava soojapidavusega. Lähtuvalt teostatud arvutustest korterite ja trepikodade vahelise seina soojusjuhtivuseks on $U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$. Soojakadude arvutamisel läbi korterite ja trepikodade vaheliste seinte tuleb arvesse võtta temperatuuri vähendusteguri, mis antud olukorras on $b_u = 0,55$ (vähemalt ühe välisseinaga ja välisuksega ruum).

2.4.2. Katus ja pööning

Auditeeritaval hoonel on pööninguga viilkatus. Katusekatteks on eterniit, mis vajab vahetamist. Katusekandetarinditeks on puitsarikad. Pööningu põranda kandekonstruktsiooniks on r/b-õõnespaneelid. Soojustuseks on kasutatud šlakki- ja räbukiht, mis ei ole ühtlane ja ei vasta soojapidavuselt kaasaja nõuetele. Kogu pööningu põranda keskmiseks soojusjuhtivuseks võetud $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Siin peab aga arvestama, et pööninguga katuse soojakaod on väiksemad, arvesse peab

võtma temperatuuri vähendustegureid, mis vastavalt EVS-EN 12831:2003 „Heating systems in buildings-Method for calculation of the design heat load” võrdub $b_u = 0,9$ (soojustuseta katused).

2.4.3. Esimese korruse põrand ehk keldri vahelagi

Hoonel on madalvundament. Vundament on laotud vundamendiplokkidest. Hoonel on kogu ulatuses täiskelder, kus asuvad korterite omanike kuurid ja soojussõlm. Keldrisse pääseb trepikodadest. Keldri vahelagi on ehitatud raudbetoonpaneelidest, soojustuseks on tõenäoliselt kasutatud tseluvilla.

Esimese korruse põranda soojusjuhtivuseks võetud $U = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.4.4. Avatäited

Korteriomaniku strateegilise käitumise hindamiseks (nii otseselt kui ka kaudselt) võib kasutada akende vahetamist. Igal juhul näitab akende vahetamine korteriomaniku hoolitsust ja huvi teha kulutusi. Aknaraami materjalidest on levinuim plastraam (peamiselt uued, vahetatud aknad): 75 %, seejärel puitraam (peamiselt vanad, vahetamata aknad), mis moodustavad 25 % hoone akendest.

PVC raamidega pakettakende soojusläbivuseks hinnati $U = 1,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, puitraamidega akende soojusjuhtivuseks on $U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Trepikodade välisüksed on puitüksed. Trepikodade aknad on plastikraamidega pakettaknad. Kuna trepikojas kütet pole, uste vahetamisega ei ole võimalik energiasäästu saavutada. Juhul, kui trepikodasid hakatakse kütma on otstarbekas trepikodade ukсед välja vahetada.

Kuna trepikojad on küteta, siis korterite välisuste kaudu esineb soojakadusid. Korteri ukсед on enamasti vahetatud metalluste vastu. Korteri välisuste keskmiseks soojapidavuseks võeti $U = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Soojakadude arvutamisel läbi korterite välisuste tuleb arvesse võtta temperatuuri vähendusteguri, mis antud olukorras on $b_u = 0,55$ (vähemalt kahe välisseinaga ja välisuksega ruum).

2.5. Tehnosüsteemid

Tabel 6. Energia- ja veevarustuse üldiseloostus

Soojusenergia tarnija	Eraküte AS
Põhiline kütteviis	Kaugkeskküte
Kas küttesüsteem on varustatud üldise soojuskulu mõõturiga	jah
Küttesüsteemi ja soojusvarustuse põhimõtteline lahendus	Malmradiaatoritega ülemise jaotusega ühetoruküttesüsteem
Ventilatsiooni liik	Loomulik
Veevarustuse liik	Tsentraalne võrgust
Olmeveekanaliseerimine	Tsentraalne, juhitakse võrku
Sooja tarbevee valmistamine	Soojasõlmes läbi soojusvaheti
Sooja tarbevee arvestus	on
Elektrienergia tarnija	Eesti Energia AS

2.5.1. Kütte- ja sooja tarbevee ettevalmistamise süsteemid

Paldiski mnt. 28c korterelamu soojusenergiaga varustamist tagab Eraküte AS kaugküttesüsteemist maa-aluse soojustrassi kaudu. Kaugkütte ühenduse tüüp on sõltumatu. Hoone keldrikorrusel asub automatiseeritud soojasõlm (vt Foto 2).

Nii kütte- kui ka sooja tarbevee valmistamine toimub soojasõlmes soojusvahetite abil. Küttesoojusvaheti sekundaarpoolel ringleb trassiveega vastupidises suunas hoone küttesee, mis peale kuumenemist pumbatakse hoone kinnisesse küttesüsteemi.

Külm tarbevesi siseneb tarbeveesoojusvaheti sekundaarpoolele ja edasi hoone veetorustikku. Samuti soojusvahetisse pumbatakse ringlev (hoonest tagastuv) tarbevesi. Ka tarbevee soojusvahetis liiguvad soojuskandjad vastupidistes suunades.

Vee kuumutamist juhib sekundaarpoolel reguleerimisautomaatika. Keskuses kontrollitakse soojusvahetist väljuva ja hoonesse siseneva vee temperatuuri temperatuurianduri abil ning antakse vastav korraldus täiturmehhanismile reguleerimisventiili sulgemiseks või avamiseks. Kütteeve temperatuuri reguleerimisel arvestab kontrollkeskus veel lisaks välisõhutemperatuuri.

Püstikud ja jaotustorud paiknevad lahtiselt ruumi seintel.

Soojussõlmes olevate seadmete kirjeldus on toodud Tabelis 7.

Tabel 7. Soojussõlme seadmed

Osa nimetus	Kirjeldus
Soojussõlm	Sõltumatu ühendus soojusvahetiga
Kütte automaatika	IDE
Küttesüsteemi soojusvaheti	Danfoss
Küttesüsteemi ringluspump	Grundfos UPS 32-120
Soojuse arvesti	Kamstrup Multical
Sooja tarbevee valmistamine	Soojasõlmes läbi soojusvaheti
Soojavee soojusvaheti	Danfoss

Soojussõlmes paiknevad torustikud on isoleeritud mineraalvillakoorikutega (Foto 2). Pööningul paiknev magistraaltorustikul on vana amortiseerunud isolatsioon, mis vajab asendamist.



Foto 2. korterelamu soojasõlm

2.5.2. Ventilatsioonisüsteem

Hoones on ehitusaegne loomuliku väljatõmbega ventilatsioonisüsteem. Värske õhk antakse ruumidesse väljaehitatud ventilatsiooniavade, piirete ja akende ebatiheduste kaudu ja väljatõmme toimub väljatõmberestide ja ehituslike ventilatsioonikanalite süsteemi kaudu. Loomulik ventilatsioon toimib tänu õhurõhkude erinevusele ruumi väljatõmbeelemendi ja kanali ülaosa vahel. Õhurõhkude erinevus on omakorda tingitud sooja väljatõmbeõhu ja külma välisõhu temperatuuride vahest. Samuti on loomuliku ventilatsiooni mõjuteguriteks tuul, kanali kõrgus, hoone asukoht ja aastaaeg. Kuna välisõhu temperatuur ja tuule tugevus ning suund on muutlikud suurused, ei suuda loomulik ventilatsioon tagada hoones stabiilset õhuvahetust aastaringselt.

Projektijärgse lahenduse järgi toimub väljatõmme korteritest köögist ja sanitaariumidest.

Elamute ventilatsioonisüsteem on dimensioneeritud välisõhu temperatuurile +5 °C. Loomuliku ventilatsiooni puhul langeb arvestuslikust kõrgemate temperatuuride ja tuulevaikuse korral hoone õhuvahetus ettenähtust madalamale tasemele.

Mõned korteriomanikud soojuse säästu saavutamiseks panid oma korterites ventilatsiooniavad kinni. See omakorda viib olukorrani, kus õhuvahetus on ebapiisav ja seetõttu tekib õhus liigne niiskus ja halveneb õhukvaliteet.

Ehitusaegsed eksimused avalduvad eelkõige ventilatsioonikanalite vähesel hermeetilisusel ja kanali sisepindade suurel karedusel. Samuti ülemiste korruste korterite ventilatsioonikanali lühikese kõrguse tõttu tõmbus on ebapiisav.

Võiks mainida köögikubude või väljatõmbekanalite ühendamist valedeesse ventilatsioonilõõridesse, mille tulemusena võib lõpuks ühele kanalile olla ühendatud mitmeid kortereid. Lisaks tekitab probleeme ka köögi väljatõmberesti asemele kubu ühendamine. Selline tegevus viib olukorrani, kus väljaspool kubu kasutusaega köögi väljatõmme korralikult enam ei toimi, kuna selle takistus on loomuliku ventilatsiooni korraliku toimimise jaoks liiga suur. Samas tekitavad probleeme ka kubude ebatihedad ühendused ventilatsioonilõõridega

Kõigist eespool loetletud põhjustest tulenevalt ei suuda loomulik ventilatsioon tagada korterites normidele vastavat õhuvahetust aastaringselt. Halvasti töötav ventilatsioon või selle puudumine tähendab, et saastunud õhku ei eemaldata ruumist piisavas koguses. Siit tulenevalt ei ole kindlustatud ka õhu loomulik ringlus korteris ning ei ole tagatud tasemel mikrokliima. Puuduliku ventilatsiooni tõttu võivad hoonetes hakata vohama hallitus ja selle laguproduktid ning välja kujuneda „haige hoone sündroom“.

2.5.3. Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Veevarustus ja kanalisatsioon on ühendatud linna vastavate võrkudega. Külma veega kulu mõõdetakse veemõõdusõlmes. Vajalik veerõhk on tagatud veevõrgu survega.

Nii külma tarbevee- kui ka kanalisatsioonisüsteemi torustik on ehitusaegne.

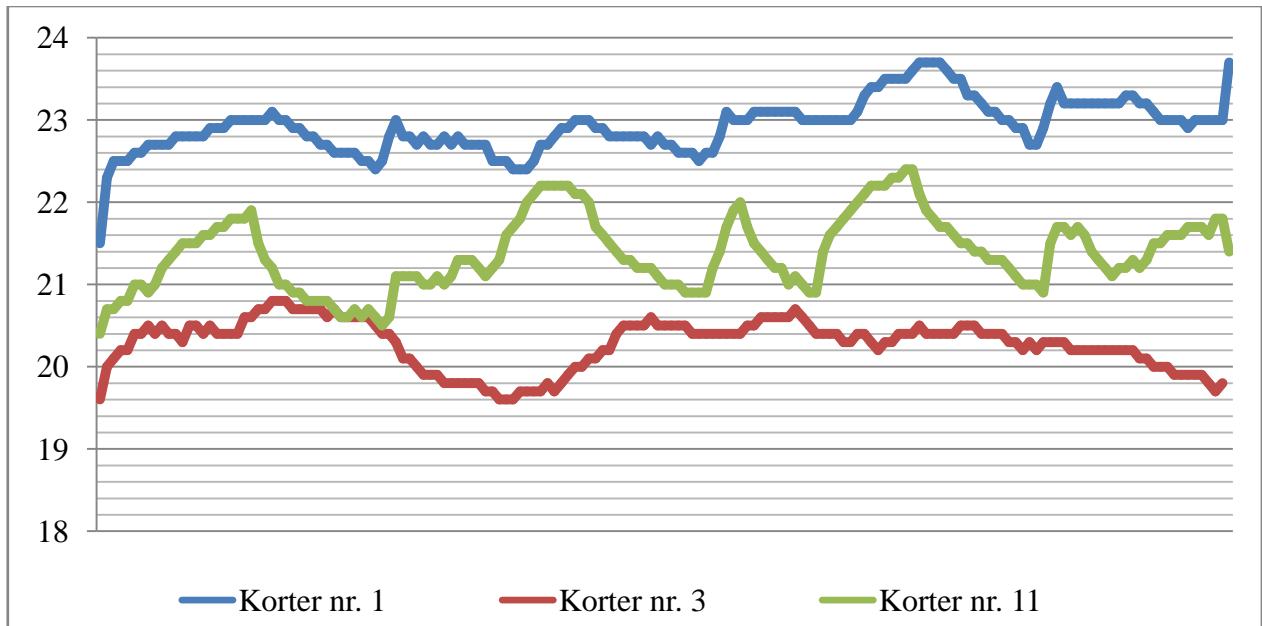
2.5.4. Elektrisüsteem

Hoone elektripaigaldis on pingega 400/230 V. Elektrienergiat kasutatakse hoones peamiselt valgustuseks, seadmete töötamiseks, tehnosüsteemide käitamiseks.

3. Sisekliima mõõtmistulemused

3.1. Siseõhutemperatuur mõõtmisperioodil

Alates 4. jaanuarist 2015 kuni 7. jaanuarini 2015 teostati kolmes korteris põhjalikud mõõtmised hoone siseõhu parameetrite väljaselgitamiseks. Saadud tulemuste põhjal on koostatud graafikud, mis eraldi näitavad siseõhu temperatuuri ja suhtelist õhuniiskust. Graafikute horisontaalne telg näitab aja kulgemist. Graafikul 3 on kujutatud kolme korteri siseõhutemperatuurikõverad.

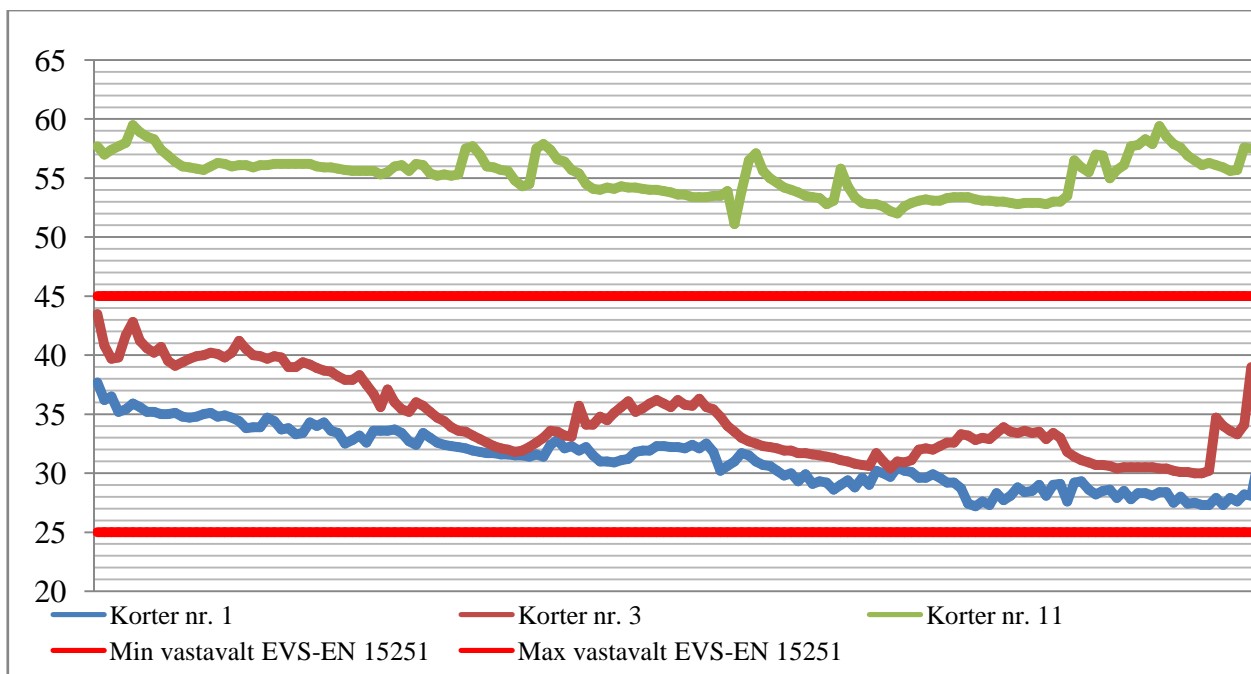


Graafik 3. Korterites mõõdetud siseõhutemperatuurid

Mõõtmisperioodil maksimaalse siseõhutemperatuuri fikseeris korteris nr. 1 asetsev andur 23,7 °C ja minimaalse korteris nr. 3 paiknev andur 19,6 °C. Mõõtmisperioodi keskmiseks siseõhutemperatuuriks korteris nr. 1 oli 22,9 °C, korteris nr. 3 oli 20,3 °C ja korteris nr. 11 oli 21,4 °C.

3.2. Suhteline õhuniiskus mõõtmisperioodil

Maksimaalne fikseeritud õhuniiskus oli korteris nr. 11 60 %. Põhjuseks võib olla see, et korteriomanik pani värskeõhuava kinni, mis omakorda viib olukorrani, kus õhuvahetus on ebapiisav. Minimaalne õhuniiskus oli fikseeritud korteris nr. 1 paikneva anduriga, mis mõõtis 27 %. Mõõtmisperioodi keskmiseks õhuniiskuseks korteris nr. 1 oli 31 %, korteris nr. 3 – 35 % ja korteris nr. 11 oli 55 %. Suhtelise õhuniiskuse mõõtmistulemused on toodud Graafikus 4.



Graafik 4. Korterites mõõdetud suhteline õhuniiskus

Korterites mõõdetud keskmine, maksimaalne ja minimaalne siseõhutemperatuur ja suhteline õhuniiskus on esitatud koondtabelis 8.

Tabel 8. Korterites mõõdetud siseõhutemperatuurid ja suhtelised õhuniiskused

Korteri number		Nr. 1	Nr. 3	Nr. 11
Temperatuur, °C	Keskmine	22,9	20,3	21,4
	Min	21,5	19,6	20,4
	Max	23,7	20,8	22,4
Suhteline õhuniiskus, %	Keskmine	31	35	55
	Min	27	30	51
	Max	38	44	60
Mõõtmisperiood:		4.01.2015– 7.01.2015		

4. Energiatarbimise analüüsi tulemused

korterelamu kommunaalkulude andmed on saadud KÜ juhatuse esimehelt. On teada hoone 2011...2013 aasta soojus-, elektrienergia ja tarbevee tarbimised kuude kaupa.

4.1. Soojusenergia kulu analüüs

Auditeeritava hoone soojusenergiaaga varustamine toimub kaugküttetrassist. Uuritaval objektil hoonesse minevat soojusenergiahulka mõõdetakse soojussõlmes. Tellija poolt saadud kolme viimase aasta soojusenergia tarbimise andmete järgi on arvatud hoones tarvitav soojusekulu. Tabelis 11 on esitatud andmed auditeeritava hoone soojustarbimise kohta.

Kraadpäevade võtmepiirkonnaks on „III Võtmepiirkond“ (Tallinn).

Oluline tähtsus on kraadpäevadel hoone erinevate aastate soojustarbe adekvaatsel hindamisel, kuna nende kasutamisel toimub erinevate aastate välisõhu temperatuuri erinevuste mõju kompenseerimine. See võimaldab soojuskasutuse viia ühtsele nn normaalaasta baasile, kus erinevate aastate soojuskasutus on taandatud keskmise aasta tarbimisele, millega on elimineeritud erinevate kliimaoludega aastate välistemperatuuri mõju soojuskasutusele.

Üks kraadpäev väljendab 1°C erinevust arvutusliku sisetemperatuuri ja ööpäeva (24-tunnise ajavahemikku) keskmise välisõhutemperatuuri vahel.

Kraadpäevade määramise aluseks on vaadeldava ajavahemiku kõikide päevade arvestusliku sisetemperatuuri (tasakaalutemperatuuri t_B) ja välisõhu temperatuuri vahede summa. Tasakaalutemperatuur on temperatuur, milleni katab soojuskaod küttesüsteem.

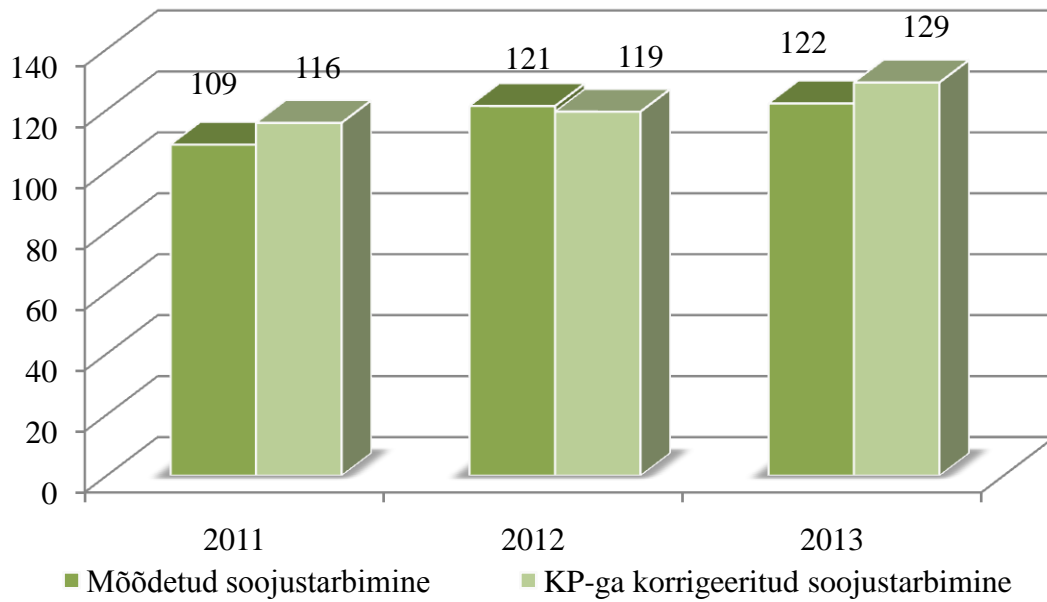
Tabel 9. Paldiski mnt. 28c elamu soojusenergia tarbimine 2011...2013

Soojusenergia tarbimine	2011	2012	2013	Ühik
Mõõdetud soojustarbimine	109	121	122	MWh
Soojustarbimine kütteks	95	109	111	MWh
Soojustarbimine sooja tarbevee valmistamiseks	14	12	11	MWh
Tegeliku aasta kraadpäevade arv ($t_b = 18,6 \text{ °C}$)*	4150,4	4541,6	4201,8	°Cd
Normaalaasta kraadpäevade arv ($t_b = 18,6 \text{ °C}$)*	4462,6			°Cd
Kraadpäevadega korrigeeritud soojustarbimine	116	119	129	MWh
Kõetav pind	468,6			m ²
Soojuseritarbimine kõetava pinna kohta	247,1	255,0	275,4	kWh/m ² · a

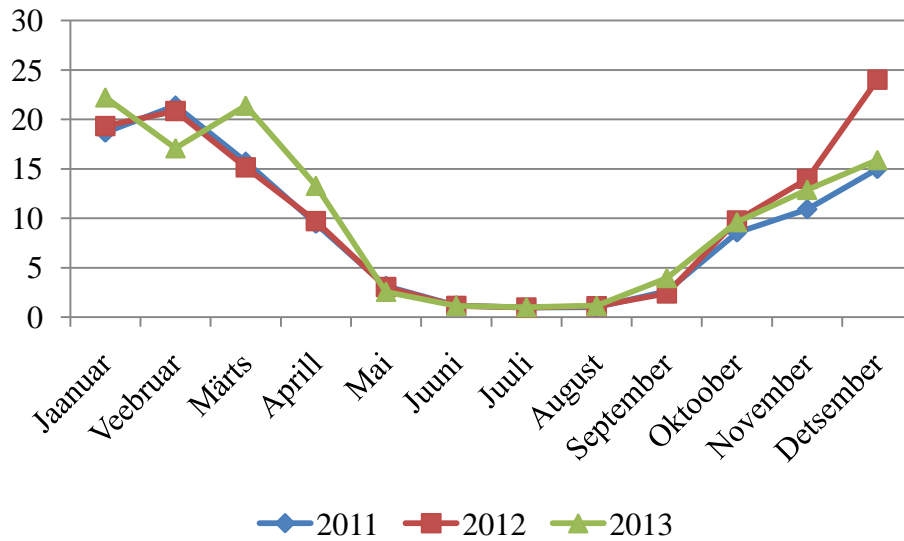
* - arvesse võetud 9 kuu kraadpäevad (välja arvatud juuni, juuli, august)

korterelamu keskmine soojustarbimine kütteks normaalaastal on **109 MWh**. Hoone keskmine kütte erikulu normaalaastal on 232,8 kWh/m²a.

2011...2013 mõõdetud ja normaalaastale taandatud soojustarbimise kujutab alljärgnev graafik 5.



Graafik 5. Mõõdetud ja KP-ga korrigeeritud soojustarbimised 2011...2013

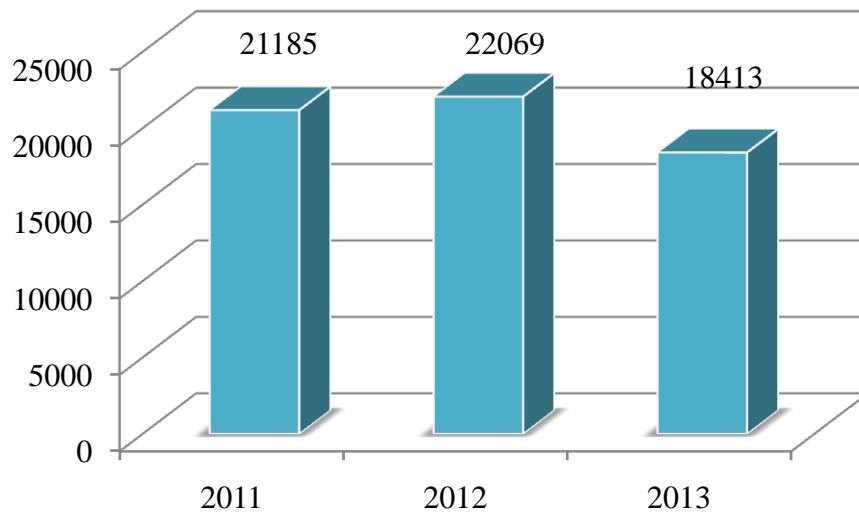


Graafik 6. Soojusenergia tarbimine kuude lõikes 2011...2013

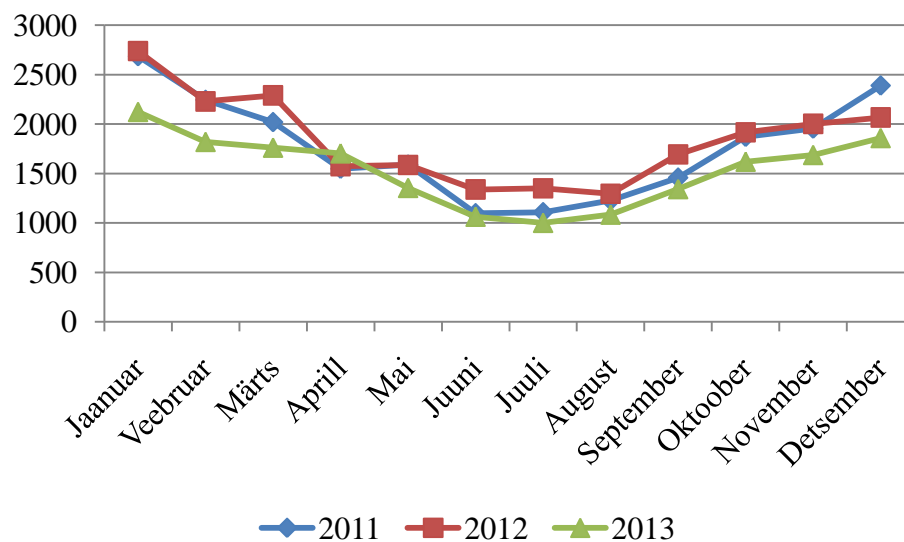
4.2. Elektrienergia tarbimise analüüs

Tabel 10. korterelamu elektrienergia tarbimine

Elektrienergia tarbimine	2011	2012	2013	Ühik
Mõõdetud elektrienergia kulu	21 185	22 069	18 413	kWh
Suletud netopind	592,8			m ²
Eritarbimine kasuliku pinna kohta	35,7	37,2	31,1	kWh/m ² · a



Graafik 7. elamu elektrienergia tarbimine 2011...2013



Graafik 8. elektrienergia tarbimine kuude lõikes 2011...2013

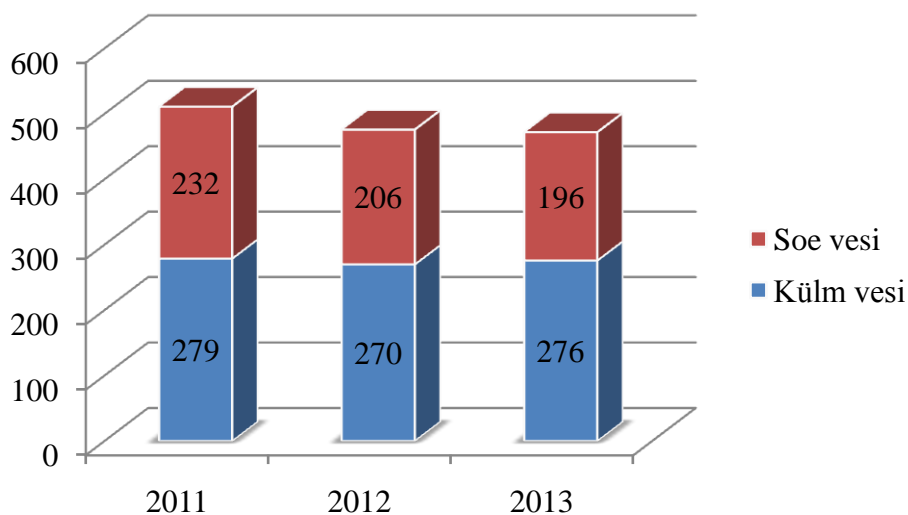
4.3. Tarbevee tarbimise analüüs

Alljärgnevas tabelis on toodud mõõdetud tarbevee kulu.

Tabel 11. Tarbevee kulu korterelamus

Tarbimine	2011	2012	2013	Ühik
Tarbevesi	511	476	472	m ³ /a
Tarbevee eritarbimine köetava pinna kohta	1,1	1,0	1,0	m ³ /(m ² × a)
Külm tarbevesi	279	270	276	m ³ /a
Soe tarbevesi	232	206	196	m ³ /a
Sooja tarbevee eritarbimine	0,49	0,44	0,42	m ³ /(m ² × a)
Kaugküttesoojuse kulu vee soojendamiseks	14	12	11	MWh/a
Energia erikulu vee soojendamiseks	29,4	25,5	24,2	kWh/(m ² × a)
Märkused:				

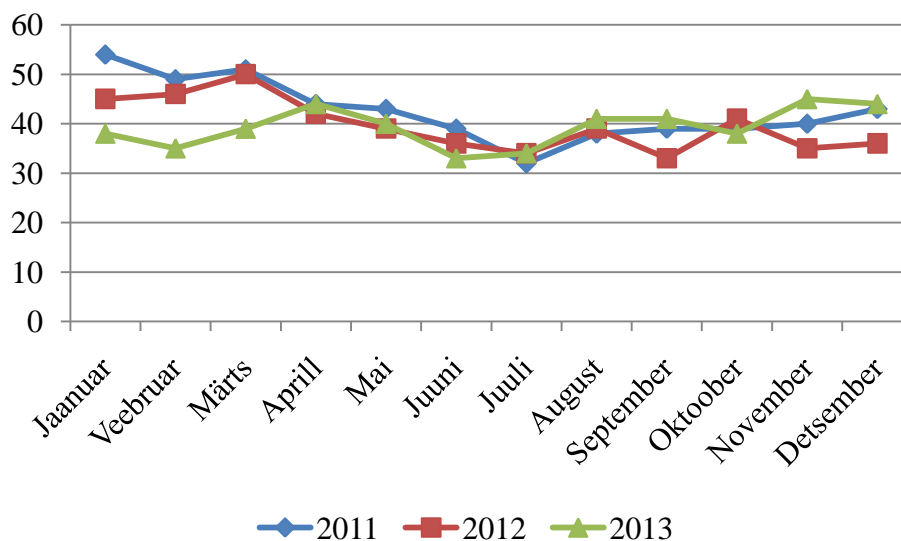
Veetarbimine on olnud erinevatel aastatel suhteliselt stabiilne (Graafik 9).



Graafik 9. Veetarbimine erinevatel aastatel

Kolme viimase aasta keskmine soojuse tarbe vee soojendamiseks on 12 MWh/a. Keskmine sooja tarbevee erikulu köetava pinna kohta 450 l/m² × a ehk 26,4 kWh/ m² × a.

Detailsem veekulu jaotus kuude kaupa on esitatud graafikus 10.



Graafik 10. Hoone veetarbimised kuude lõikes 2011...2013

4.5. korterelamu kaalutud energiakasutuse klass

Hoone energiaauditeerimise raames on hoonele määratud energiaerikasutuse klass (KEK).

Olemasoleva hoone energiamärgise väljastamiseks vajaliku hoone kaalutud energiaerikasutuse arvutamisel on hoone tasakaalutemperatuuriks alati 17°C.

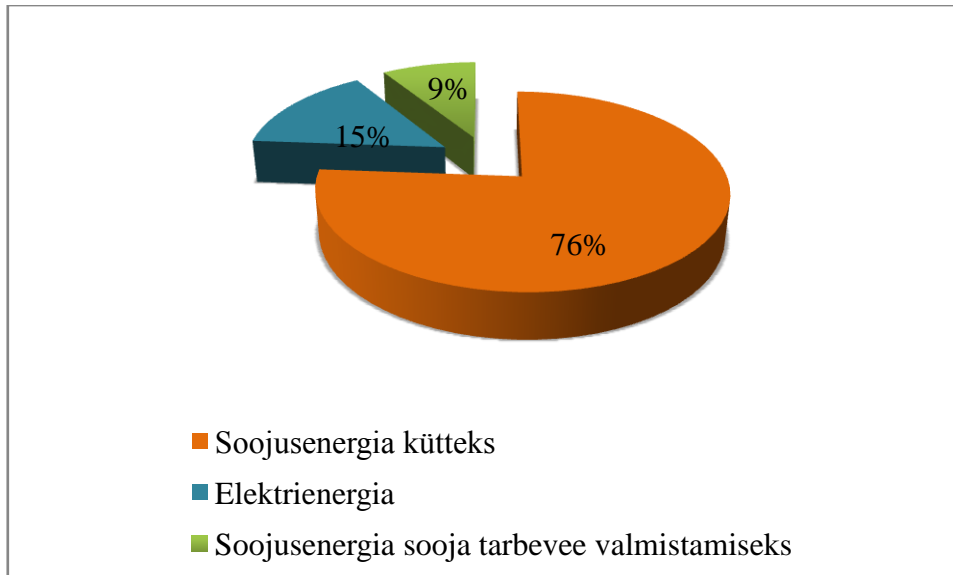
elamu kaalutud energiaerikasutus – 325 kWh/(m²·a). Korterelamute kaalutud energiaerikasutuse skaala järgi korterelamu kuulub G klassi.

Tabel 12. Korterelamu kaalutud energiaerikasutus

	Soojus kütteks	Soojus tarbevee soojendamiseks	Elekter	
	111,2	12,3	20,6	MWh
<i>Kaalumistegur:</i>	0,9	0,9	2,0	
KEK: 325 kWh/m² · a				
ET klass: G				

4.6. Kokkuvõte energiatarbimise analüüsist

Kaalukam osa hoone tarbitavast energiast on soojusenergia kütteks, mis moodustab 76 % kogu tarbitud energiast. 9 % tarbitud energiast moodustab tarbevee soojendamiseks kuuluv soojusenergia. Ülejäänud 15 % energiast on elektrienergia (vt Graafik 11). Seega saab eeldada, et soojusenergia vähendamine on energiasäästu põhiliseks prioriteediks.



Graafik 11. Hoone tarbitava energia jaotus

5. Hoone soojusbilanss

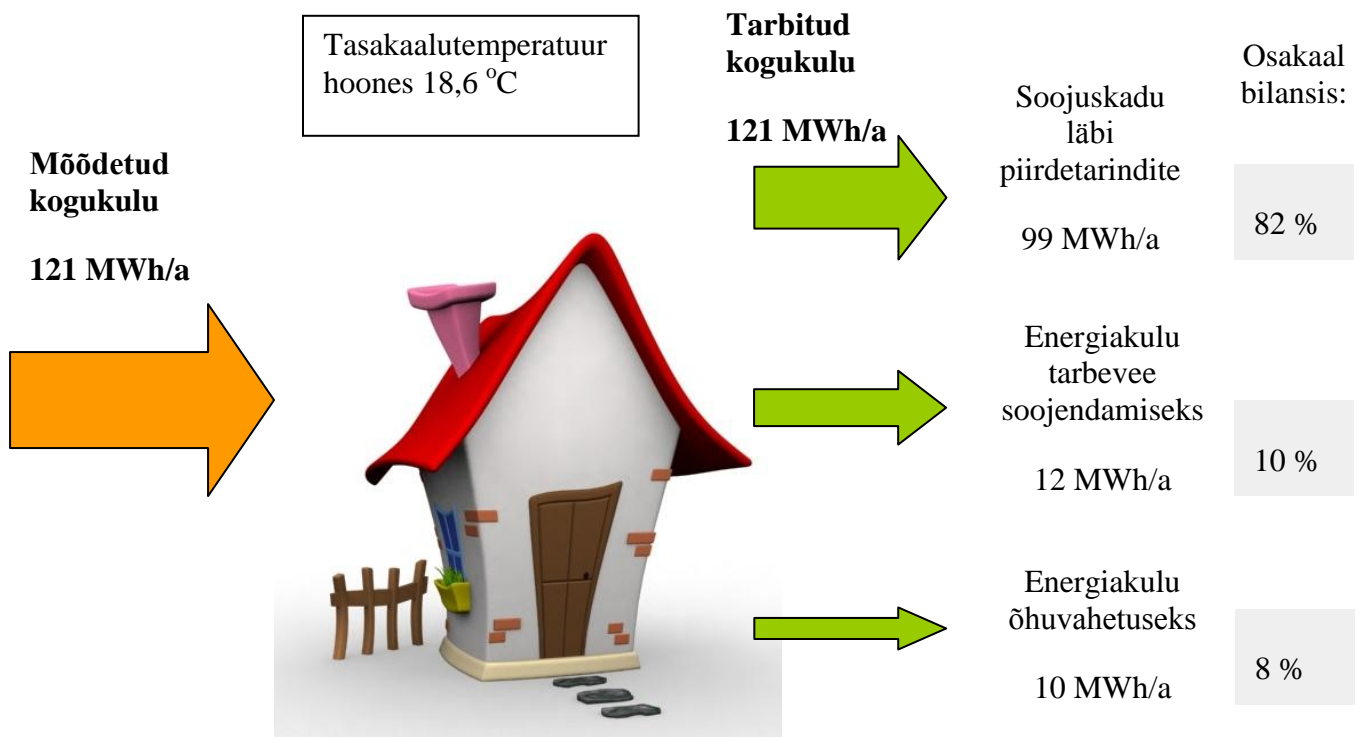
Hoones tarbitud energia ja inimestest, valgustusest ning seadmetest eralduv vabasoojus moodustab hoone energiabilansi ühe poole. Soojuskaod läbi välispiirete ja ventilatsiooniks vajaliku õhu soojendamise energiakulu moodustavad hoone energiabilansi teise poole.

Soojuskadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud hoonel on vabasoojuse arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 18,6 °C (tasakaalutemperatuuri leidmise arvutuskäik on esitatud Ptk 7.1.). Kõik soojuskadude arvutused on teostatud Tallinna piirkonna normaalaasta kraadpäevadega.

Energiaauditi raames koostati hoone energiabilanss, kus määratleti kuidas on realselt ühe aasta jooksul hoonesse antud soojusenergia kasutust leidnud, ehk kui palju on sellest kulunud kadudeks läbi erinevate välispiirete (seinad, katus, põrand, ukсед, aknad jne) ja infiltratsiooniohu soojendamiseks (vt Tabel 13).

Tabel 13. Paldiski mnt. 28c korterelamu soojuskadude jaotus

Soojuskadu läbi piirdetarindite	Energiakulu tarbevee soojendamiseks	Energiakulu õhuvahetuseks ja õhuinfiltratsiooniks	Arvutatud kogukulu
MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
99	12	10	121



Joonis 1. Korterelamu soojuse kasutamise visuaalne jaotus

Soojuskaod läbi piirdetarindite (välisseinad, aknad, katus, esimese korruse põrand, külmasillad) moodustavad 82 % arvatud soojakadudest. 10 % soojusenergiast kulub sooja tarbevee valmistamiseks. Ülejäänud 8 % kadudest on infiltratsiooniõhu soojendamiseks kuuluv energia.

Piirdetarindite soojuskaod on leitud arvutuslikul meetodil projektdokumentatsiooni analüüsimisel (vt Tabel 14).

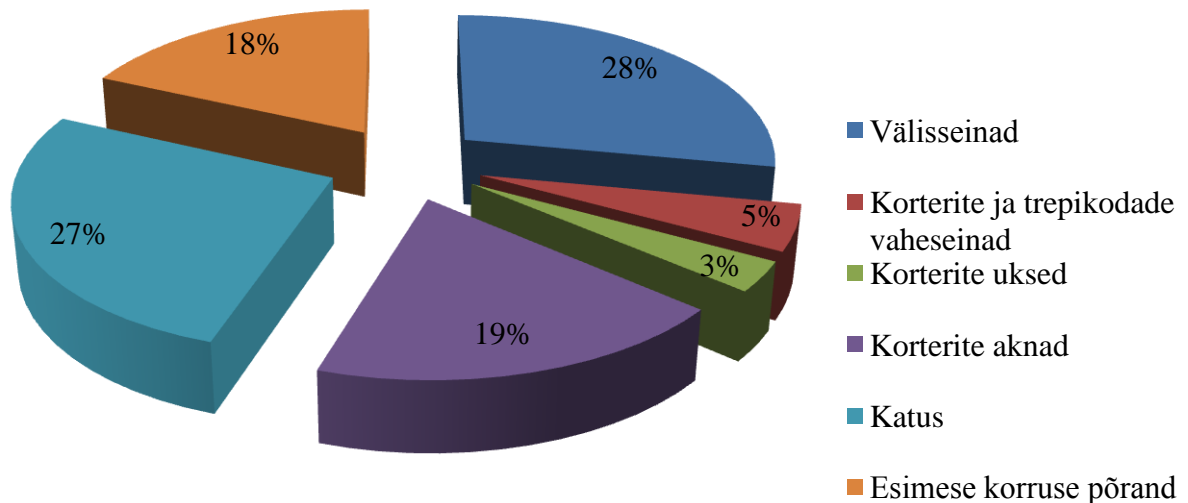
Tabel 14. Hoone piirdetarindite soojuskaod

Piirdetarind või selle osa	Materjal/ tüüp	Olukorra kirjeldus ja/või tuvastatud puudused	Pindala, m ²	Hinnanguline U-väärtus, W/m ² K	Hinnangulised soojuskaod, MWh/a
Välisseinad	Silikaattellis, ca 43 cm	Soojapidavus ei ole küllaldane; osa välisseintest on seestpoolt lisasoojustatud	305	1,1	36
Korterite ja trepikodade vaheseinad	Silikaattellis, ca 43 cm	Soojapidavus ei ole küllaldane; osa välisseintest on seestpoolt soojustatud	98	1,1×0,55 ¹	6,3
Korterite ukсед	Metall- ja puituksed	Tehniliselt korras	23	2,4×0,55 ¹	3,2
Korterite PVC aknad	PVC-raamidega pakettaknad	Korras	75	1,6	12,8
Korterite puitaknad	Puitraamidega kahekordsed aknad	Soojapidavus on halb	25	2,6	6,9
Pööningu põrand	R/b-õõnespaneelid, soojustuseks šlakk ja räbu	Soojapidavus ei ole küllaldane	307	0,95×0,9 ²	28,1
Esimese korruse põrand	R/b-õõnespaneelid	Tehniliselt korras	307	0,6	5,1
Kokku					99

¹ – temperatuuri vähendustegur (vähemalt ühe välisseinaga ja välisuksega küteta ruum)

² – temperatuuri vähendustegur (soojustuseta katus)

Kõige suurem soojakadu on läbi välisseinte ja katuse (vt. Graafik 12). Soojusenergiäsäästu saavutamiseks on tarvis need tarindid esmajärjekorras renoveerida ja lisasoojustada.



Graafik 12. Välispiirete soojakadude jaotus

Vastavalt Energiatõhususe miinimumnõuete määrusele nr. 68 peavad olema hoone välispiirded pikaajaliselt õhkupidavad ja piisavalt soojustatud. Elamute välispiirete valikul võib esmase lähenemisena lähtuda järgmistest väärtustest:

- 1) välisseinte soojusläbivus $0,12-0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- 2) katuste ja põrandate soojusläbivus $0,1-0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- 3) akende ja uste soojusläbivus $0,6-1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, kusjuures lõplikud valikud tuleb teha, lähtudes hoone kompaktsusest ja kütte- ja ventilatsioonilahendustest”.

Infiltratsiooni õhuvooluhulk määrati kordarvuna soojusbilansist lähtuvalt. Õhuvahetus on võrdne $0,23 \text{ l/h}$.

Leitud infiltratsiooni õhuvooluhulk on võrdne $q_i = 75 \text{ l/s}$. Soojusenergiakulu infiltratsiooniõhu soojendamiseks on **10 MWh/a**.

6. korterelamu renoveerimislahendused

6.1. Hoone soojuskaod peale renoveerimist renoveerimispakettides pakutud meetmete rakendamisel

Tabel 15. Meetmete pakett I (15% toetus)

Siseõhutamperatuur: $t = 20,5\text{ °C}$ KP = 3947,3 °Cd (kütteperiood 9 kuud)			Tasakaalutemperatuur: $t_b = 16,7\text{ °C}$ Olemasolev küttesüsteem		
Piirdetarindid või selle osa	Materjal/ tüüp	Parendusmeede, soovitud energiasäästuks	Arvutuslik U-väärtus peale meetme rakendamist	Hinnangulised soojuskaod peale meetme rakendamist, MWh/a	Energiasääst, MWh/a
Välisseinad	Silikaattellis, ca 43 cm	Lisasoostamine 150 mm	0,21	6,3	36,7
Trepikodade aknad	PVC-raamidega pakettaknad	Ei soovitata	1,6	1,5	
Trepikodade ukseid	Puitused	Asendada soojapidavate metallustega	1,6	1,1	
Korterite PVC aknad	PVC-raamidega pakettaknad	Ei soovitata	1,6	11,3	1,5
Korterite puitaknad	Puitraamidega kahekordsed aknad	Ei soovitata	2,6	6,1	0,8
Pööningu põrand	R/b-õõnespaneelid, soojustuseks šlakk ja räbu	Ehitusaegse soojustuse eemaldamine, 300 mm puistevillakihi paigaldamine	$0,12 \times 0,9^1$	3,4	24,8
Esimese korruse põrand	R/b-õõnespaneelid	Ei soovitata	0,6	4,5	0,6
Ventilatsioon	Õhuvahetuse intensiivistamiseks taastatakse välisseintes olevad avad ja pannakse värkseõhuklapid (lokaalsed või tsentraalsed väljatõmbeventilaatorid); õhuvahetus peale värkseõhuklappide paigaldamist võrdne 0,5 l/h			18,6	- 8,1
Kokku				53	56,2

¹ – temperatuuri vähendustegur (soojustuseta katus)

Väljatõmbeventilaatorite kasutamisel aastane elektrienergiatarve suureneb ca. 1,4 MWh/a (ventilaatorite SFP-ks võetud 1,0 kWh/(m³/s)).

Tabel 16. Meetmete pakett II (25% toetus)

Siseõhutemperatuur: $t = 20,5\text{ °C}$ KP = 3438 °Cd (kütteperiood 9 kuud)			Tasakaalutemperatuur: $t_b = 14,8\text{ °C}$ Renoveeritud küttesüsteem		
Piirdetarindid või selle osa	Materjal/ tüüp	Parendusmeede, soovitused energiasäästuks	Arvutuslik U-väärtus peale meetme rakendamist	Hinnangulised soojuskao peale meetme rakendamist, MWh/a	Energiasääst, MWh/a
Välisseinad	Silikaattellis, ca 43 cm	Lisasoojustamine 150 mm	0,21	5,5	37,8
Trepikodade aknad	PVC-raamidega pakettaknad	Ei soovitata	1,6	1,3	
Trepikodade ukсед	Puituksed	Asendada soojapidavate metallustega	1,6	1	
Korterite PVC aknad	PVC-raamidega pakettaknad	Ei soovitata	1,6	9,9	2,9
Korterite puitaknad	Puitraamidega kahekordsed aknad	Asendatakse kolmekordse klaaspakettakendega	1,1	2,3	4,7
Pööningu põrand	R/b-õõnespaneelid, soojustuseks šlakk ja räbu	Ehitusaegse soojustuse eemaldamine, 400 mm puistevillakihi paigaldamine	$0,1 \times 0,9^1$	2,4	25,7
Esimese korruse põrand	R/b-õõnespaneelid	Keldrilae lisasoojustamine 100 mm	0,23	1,5	3,6
Ventilatsioon	Õhuvahetuse intensiivistamiseks taastatakse välisseintes olevad avad ja pannakse värskeõhuklapid (lokaalsed või tsentraalsed väljatõmbeventilaatorid); õhuvahetus peale värskeõhuklappide paigaldamist võrdne 0,5 l/h			16,2	- 5,7
Kokku				40	69

¹ – temperatuuri vähendustegur (soojustuseta katus)

Väljatõmbeventilaatorite kasutamisel aastane elektrienergiatarve suureneb ca. 1,4 MWh/a (ventilaatorite SFP-ks võetud 1,0 kWh/(m³/s)).

Tabel 17. Meetmete pakett III (40% toetus)

Siseõhutemperatuur: $t = 21\text{ °C}$ KP = 2966 °Cd (kütteperiood 9 kuud)			Tasakaalutemperatuur: $t_b = 13,0\text{ °C}$ Renoveeritud küttesüsteem		
Piirdetarindid või selle osa	Materjal/ tüüp	Parendusmeede, soovitused energiasäästuks	Arvutuslik U-väärtus peale meetme rakendamist	Hinnangulised soojuskaod peale meetme rakendamist, MWh/a	Energiasääst, MWh/a
Välisseinad	Silikaattellis, ca 43 cm	Lisasoostamine 150 mm	0,21	4,7	38,9
Trepikodade aknad	PVC-raamidega pakettaknad	Ei soovitata	1,6	1,1	
Trepikodade ukсед	Puituksed	Asendada soojapidavate metallustega	1,6	0,8	
Korterite PVC aknad	PVC-raamidega pakettaknad	Ei soovitata	1,6	8,5	4,3
Korterite puitaknad	Puitraamidega kahekordsed aknad	Asendatakse kolmekordse klaaspakettakendega	1,1	2	5,0
Pööningu põrand	R/b-õõnespaneelid, soojustuseks šlakk ja räbu	Ehitusaegse soojustuse eemaldamine, 400 mm puistevillakihi paigaldamine	$0,1 \times 0,9^1$	2,1	26
Esimese korruse põrand	R/b-õõnespaneelid	Keldrilae lisasoostamine 100 mm	0,23	1,3	3,8
Ventilatsioon	Soojustagastusega (vähemalt 70%) sissepuhke ja väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi väljaehitamine (vt ptk 6.2.6.3); süsteem peab teenindama kõiki korterite ruume; õhuvahetuskordarv peale ventilatsioonisüsteemi ehitamist võrdne 0,5 1/h			4,2	6,3
Kokku				25	84

¹ – temperatuuri vähendustegur (soojustuseta katus)

Mehaanilise sissepuhke ja väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi kasutamisel aastane elektrienergiatarve suureneb ca. 3,6 MWh/a (ventilatsiooniagregaatide SFP-ks võetud 2,5 kWh/(m³/s)).

6.2. Renoveerimislahenduste kirjeldamine

6.2.1. Välisseinad ja sokkel

Enne renoveerimistöid ja lisasoojustamist tuleb alati kontrollida välisseinte üldist ehitustehnilist seisukorda:

- seintes olevate pragude põhjuste väljaselgitamine;
- külmasildade kontroll: hallitus, veeauru kondenseerumine sisepindadel.

Telliselamu välisseinte suure soojusjuhtivuse ja seinas paiknevate külmasildade tõttu võib välisseinte lisasoojustamist pidada möödapääsmatuks ohutu ja tervisliku sisekliima nõudeid ning energiasäästu vajadust arvestades.

Välisseinte lisasoojustamise peamised lahendused on:

- puit- või metallkarkassi vahel soojustus + tuuletõke + tuulutusvahega fassaadikate (näiteks tsementkiudplaat, kerged fassaadikivid, tellisimitatsiooniga liitpaneelid vms.);
- mineraalvilla või vahtpolüstüreensoojustusega liitsüsteem.

Konkreetne lisasoojustuse lahendus projekteeritakse lähtuvalt elamu energiatõhususe eesmärkidest, materjalide omadustest ja olemasolevast seinatarindist. Väga oluline on, et lisasoojustuse ja olemasoleva välisseina vahele ei jääks õhuvahet: soojustus peab tihedalt vastu olemasolevat välisseina liibuma.

Energiatõhususe seisukohalt on otstarbekas soojustuse paksus 15-20 cm.

Välispiirete lisasoojustamisega peab alati kaasnema küttesüsteemi reguleerimine ja õhuvahetuse intensiivistamine.

6.2.2. Pööningu põrand ja katus

Katuste renoveerimise juures tuleb vaadelda mitut aspekti:

- katusekatte veepidavust;
- katusekonstruktsioonide kandevõimet;

Uuritava hoone viilkatuse katusekatteks on eterniit, mis vajab vahetamist.

Pööningu vahelagi on ülevalt poolt viimase korruse köetavate siseruumide piirdeks. Elamu pööningu vahelae suure soojusjuhtivuse tõttu on põhjust seda lisasoojustada. Lisasoojustamise põhjus tuleneb ennekõike aga vajadusest vähendada külmasildu ja hoone soojuskadusid. Uuritaval hoonel pööningu põrand soojustatud šlakkikihiga. Soojustuskiht ei ole ühtlane ega küllaldane. Energiasäästu eesmärgil on soovitatav soojustuskiht suurendada, paigaldades ca 300-400 mm puistevillakihti.

6.2.3. Külmasillad

Elamu välisseinad sisaldavad üldiselt tõsiseid külmasildu, mille likvideerimine on möödapäästmatu ohutu ja tervisliku sisekliima nõudeid arvestades.

Probleemi saab vähendada välispiirete lisasoojustamisega ja niiskuskooormuse vähendamisega (parem ventilatsioon, korralik küte, väiksem niiskustoodang).

Külmasildade likvideerimiseks piisab üldjuhul 50–70 mm paksusest välimisest lisasoojustusest. Samas ei ole nii väike soojustuse paksus majanduslikult otstarbekas. Soojustuse paksuse osakaal kogu lisasoojustuse hinnas (viimistlus, tellingud, töö jne.) on väike võrreldes paksemast soojustusest saadava energiasäästuga. Seetõttu tuleb lisasoojustamisel lähtuda elamu energiatõhususe arvutuste tulemustest.

Välispiirete seespõlist soojustamist tuleb igal juhul vältida, sest selline soojustamise viis ei likvideeri külmasildu ega vähenda soojuskadusid. Ainult seina soojustamine teeb külmasilla märgatavalt väiksemaks, kuid külmasilda see ei likvideeri. Kogu sõlme soojustamine minimeerib külmasilla ning lisajuhtivus ja kriitilisus vähenevad algsega võrreldes oluliselt. Nii on võimalik parandada hoone energiatõhusust ning vähendada hallituse tekke riski.

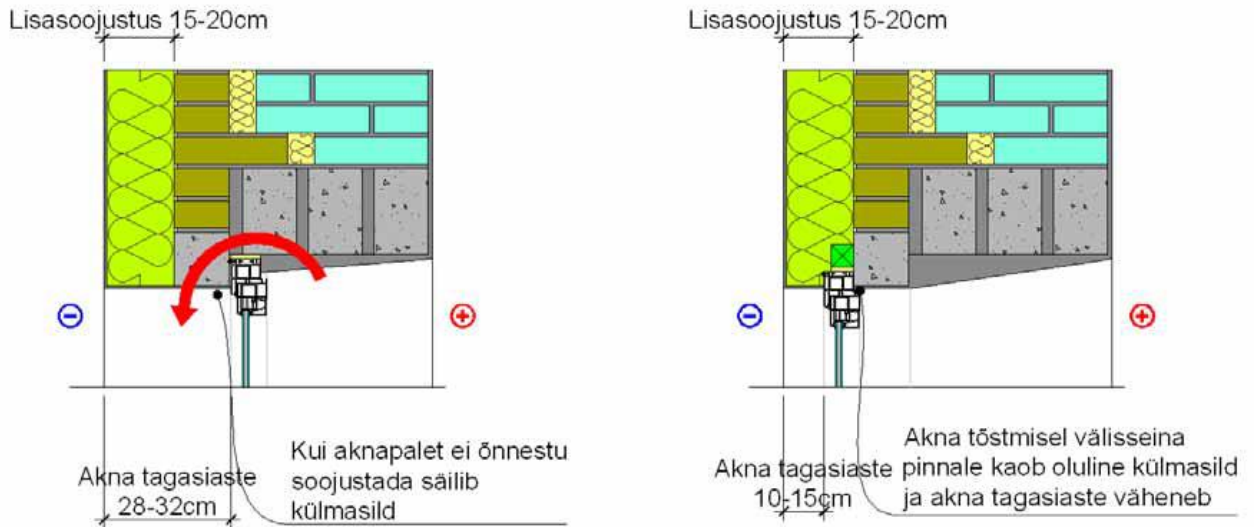
6.2.4. Avatäited: aknad ja välisüksed

Paldiski mnt. 28c elamu aknad on suurel määral vahetatatud PVC raamidega pakettakende vastu. Osa akendest on ühe puitraamiga ja kahe-kolme klaasiga, millel on väike nii sooja-, õhu- kui helipidavus. Akende soojuslähivuseks võib hinnata $U = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tänapäevaste akende soojuslähivus on kuni kolm korda väiksem.

Ehitusjärgses olukorras oli õhuleke läbi akna ebatiheduste vajalik loomuliku ventilatsiooni toimimiseks: aken oli üks peamine värske õhu juurdevoolu allikas. Renoveeritud ventilatsiooniga hoone puhul ei pea aknad olema suure õhulekkega, kuna värske õhu juurdevool tagatakse mehaaniliselt või värske õhu klappide kaudu.

Fassaadide lisasoojustamist on võimalik teha elamu üldist arhitektuurset ilmet kahjustamata. Hoone arhitektuurse ilme säilimisel tuleb tähelepanu pöörata ka detailidele, näiteks akna ja seina liitekohale. Ehitusjärgse lahenduse kohaselt astub aken seina välispinnast 12 cm (osadel hoonetel ka 25 cm) tagasi. Välisseinte lisasoojustamisel (15...20 cm) on oht, et aken jääb üle 30 cm sügavusse „auku“. Selle vältimiseks tuleks aknad tõsta olemasoleva välisseina välispinda. Mida on parim teha siis, kui koos välisseinte lisasoojustamisega vahetatakse elamul ära ka aknad.

Teine, kuid mitte väheoluline põhjus, miks aknad on hea tõsta väljapoole (vt Joonis 2), on tehniline. Ilma akende väljatõstmiseta ei ole võimalik korrektselt kaotada akna ja välisseina liitekohas paiknevat külmasilda. Kuna akende vahetamine ja sisemiste palede viimistlemine on korteri kohta 1–2 päeva töö, ei võta kauem aega ka akende paigaldus välisseina välispinda ja palede uuesti viimistlemine.



Joonis 2. Akna tõstmine soojustuskihti

6.2.5. Küttesüsteem

Küttesüsteemi renoveerimise juures tuleb tähelepanu pöörata torustiku ja küttekehade tehnilisele seisukorrale ning süsteemi kui terviku toimimisele.

Küttesüsteemi renoveerimisel tuleb teha vähemalt järgmised tööd:

- süsteemi seadistada õigele temperatuurigrافیkule ja vooluhulgale, et kõikides korterites oleks tagatud vajalik temperatuur;
- vajadusel ehitada kahetoru süsteem, mis tagab üldjuhul parema soojuse ringluse ja temperatuuri reguleerimise võimaluse;
- kõikidele radiaatoritele tuleb paigaldada termostaatventiil, mis võimaldaks reguleerida õhutemperatuuri vahemikus 18-23 kraadi;
- tasakaalustada tuleb kütetorustikud, sh. magistraalid ja püstikud;
- paigaldada õhutusventiilid;
- püstikute ja magistraaltorustiku tasakaalustamine;
- kütmata ruumides tuleb torustik soojustada.

6.2.6. Ventilatsioonisüsteem

Uuringu raames läbiviidud tehnosüsteemide ülevaatus kinnitab, et hoone loomulik ventilatsioonisüsteem ei võimalda nõutava õhuvahetuse tagamist.

Ainult loomuliku ventilatsioonisüsteemi kasutades ei ole võimalik tagada tänapäeva nõuetele vastavat õhuvahetust. Probleem on kõige teravam soojemate tuulevaiksete ilmadega ning viimaste korruste korterites. Korterite loomuliku ventilatsiooni väljatõmbeõhu vooluhulk muutub aasta lõikes suhteliselt suurel määral.

Piisava õhuvahetuse tagamiseks tuleb elu- ja magamistubadesse paigaldada värskeõhuklapid. Samas ei taga ka tavalised värske õhu klapid tänu loomuliku ventilatsiooni liiga väiksele väljatõmberõhule soovitud õhuvahetust. Samuti on nende probleemiks talvetingimustes tekkiv külm õhuvool.

Korterite sisekliima ja õhuvahetuse parandamiseks on erinevaid võimalusi. Enne lõpliku renoveerimislahenduse valikut tuleb hoones läbi viia sisekliima ja ehituslikud uuringud. Samuti on oluline, kas renoveerimine toimub korteri-, trepikoja- või hoonepõhiselt. Tuleb arvestada, et hoone piirded, küttesüsteem ja ventilatsioon moodustavad ühtse terviku, mistõttu peavad renoveerimislahendused olema kompleksed ja sobima kogu hoonele. Soovitud tulemuse saavutamiseks tuleb enne renoveerimise alustamist paika panna selle ulatus ja taotletav tase.

Tabel 18. Ventilatsiooni renoveerimislahendused

Eelised	Puudused	Märkused
Värske õhuklappide paigaldus radiaatori taha või kohale (ilma soojustagastuseta)		
<ul style="list-style-type: none"> • madal alginvesteering • puuduvad ventilatsioonikanalid 	<ul style="list-style-type: none"> • suur küttesüsteemi soojustarve • tuuletõmbuse oht • suur küttevõimsus 	
Tsentraalne mehaaniline väljatõmme, värskeõhuklappide paigaldus ja ventilatsioonisoojuspump		
<ul style="list-style-type: none"> • Võimalik kasutada väljatõmbeõhu soojuspumpa 	<ul style="list-style-type: none"> • Müraprobleem • tuuletõmbuse oht • puudulik küttevõimsus • vajadusepõhine juhtimine keeruline ja kallis rajada 	<ul style="list-style-type: none"> • peakanaliga süsteemi puhul lisada korteritesse reguleerklapid
Korteripõhise agregaadiga mehaaniline sissepuhke-väljatõmbeventilatsioon		
<ul style="list-style-type: none"> • ei pea renoveerima kogu hoonet või trepikoda • üksteisest sõltumatud korterid • väga hea õhujaoitus • hea soojustagastus 	<ul style="list-style-type: none"> • võrreldes teiste lahendustega rohkem ventilatsioonikanaleid • suurem alginvesteering • seadme müra 	<ul style="list-style-type: none"> • saab kasutada, juhul kui vent. kanalid saab tarinditesse hästi ära peita

6.2.6.1. Värskeõhuklappide paigaldus koos väljatõmbeventilaatoritega köögis ja sanitaarruumides

Mainitud lahendust kasutatakse ainult ajutise lahendusena ventilatsiooniõhuhulkade tagamiseks. Kuna sellel lahendusel puudub ventilatsiooniõhust soojuse tagastuse võimalus, ei saa seda lahendust pidada pikas perspektiivis jätkusuutlikuks.

Tuleb iga korteri elu- ja magamistubadesse paigaldada värskeõhuklapid (vt Joonis 3). Et vältida tuuletõmbust on kõige parem paigaldada värske õhu klappid radiaatorite taha. Juhul kui see ei ole võimalik, siis akna üläpiirkonda radiaatori kohale. Värske õhu klappide valikul tuleb silmas pidada, et õhujoa suund ning õhuvooluhulk oleksid reguleeritavad. Samuti tuleb tähele panna, et kirjeldatud lahendus töötab vaid juhul, kui on tagatud ruumidevaheline õhu liikumine. See tähendab, et korteri siseuste all peavad olema vähemalt 10 mm pilud. Vajadusel võib pilude asemel ustesse paigaldada ka siirdeõhu restid.

Väljatõmmet intensiivistatakse kas lokaalselt, paigaldades kööki ja sanitaarruumidesse väljatõmbeventilaatorid või tsentraalselt, paigaldades katuseventilaatorid.



Joonis 3. Värskeõhuklapp ja sama klapi õhujuga laboritingimustes sise- ja välistemperatuuride erinevusel 30 °C ning õhuvooluhulgal 8 l/s

6.2.6.2. Korteri põhise agregaadiga mehaaniline sissepuhke-väljatõmbeventilatsioon

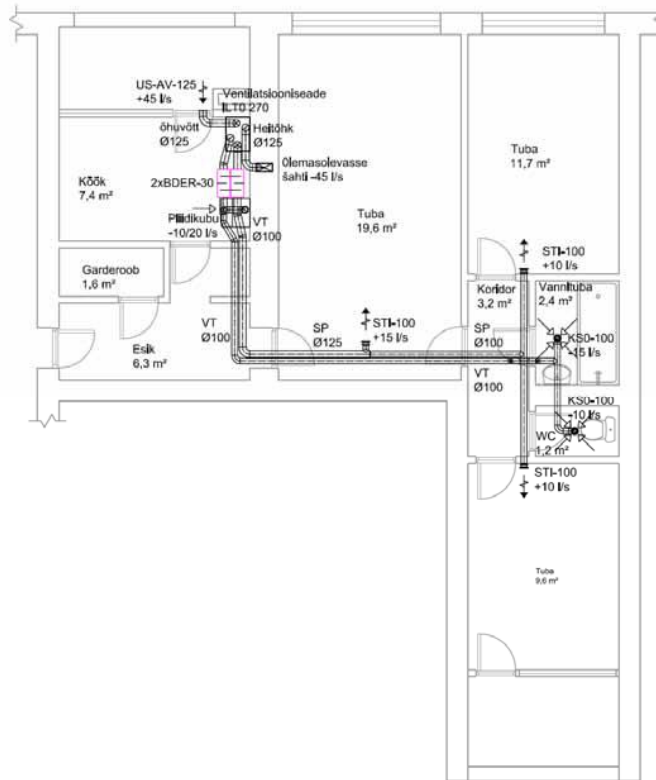
Korteri õhuvahetuse tagab kööki või esikusse paigaldatud ventilatsiooniagregaat. Värske õhk võetakse köögi välisseina kaudu. Selleks kasutatakse 125 mm läbimõõduga ja kondensaativastase isolatsioonikihiga kaetud õhukanalit. Heitõhk suunatakse kas ventilatsioonišahti või otse välisseinast välja (vt. Joonis 4). Õhuvõtu- ja heitõhu avad kaetakse välisrestidega. Pärast soojustagasti läbimist on õhutemperatuur piisavalt madal, et põhjustada kondensaadi tekkimist heitõhu kanalile, mistõttu tuleb ka see isoleerida.

Sissepuhkeõhk antakse elu- ja magamistubadesse ja väljatõmme toimub köögist, vannitoast ja WC-st. Sissepuhke- ja väljatõmbekanalid paiknevad lae all ripplae taga ja on läbimõõduga 100-125 mm. Sissepuhkel kasutatakse sein- või laeplafoone. Laeplafoonid tagavad parema õhujao, kuid keset toa lage paigaldatud plafoonid võivad hakata inimesi häirima. Kuna ruumid ei ole reeglina piisavalt kõrged, siis ripplae ehitamine õhukanalite varjamiseks on raskesti teostatav. Väljatõmbel kasutatakse plafoone ja köögis toiduvalmistamise ajal ka pliidikubu. Lisaks eelmainitud elementidele kuuluvad ventilatsioonisüsteemi koosseisu veel mürasummutid ja reguleerklapid.

Kuna ventilatsioonisüsteemi läbib ka sanitaarruumide väljatõmbeõhk, siis ei tohi agregaadis tekkida sissepuhke- ja väljatõmbe õhuvoolude segunemist. Samuti tuleb arvestada, et vannitoa niiske õhk võib talveitingimustes põhjustada soojustagasti jäätumist. Loetletud probleeme arvesse võttes, on korterisse sobivam valida plaatsoojustagastiga agregaat, mis suudab mõningal määral tagastada ka varjatud soojust. Kondensaadi eemaldamiseks tuleb plaatsoojustagastiga agregaadile ette näha vesilukk ja rajada

vastav torustik. Seadmes paiknev elektrikalorifeer hoiab etteantud sissepuhketemperatuuri, seega on hea sisekliima tagatud ka külmal aastaajal.

Käesoleva auditi aruandes Lisas 7.2 saab tutvuda Euroopa tuntud ventilatsiooniagregaatide tootjaga Vent-Axia.



Joonis 4. Korteripõhiste agregaatidega mehaaniline sissepuhke- väljatõmbeventilatsioonisüsteem

6.2.6.3. Tsentraalne mehaaniline väljatõmme, värskõhuklappide paigaldus ja ventilatsiooni soojuspump

Veel üheks võimaluseks energiasäästuks on kasutada väljatõmbeventilatsiooni soojuspumpa (VTSP). Hoone katusel paigutatakse igale ventilatsioonikorstnatele ventilaator ja õhk-vesi tüüpi soojusvaheti. Kui korstnas paikneb mitu ventilatsioonišahti, siis tuleb igale kanalile paigaldada reguleerklapid. Erinevate patareide soojuskandjaks olev vesi-glükooli lahus juhitakse magistraaltorru, mis viiakse hoone keldris paiknevasse soojussõlme. Soojussõlmes paikneb õhk-vesi tüüpi soojuspump, mis toodab sooja vett. Süsteemi eeliseks on väikesed soojuskaod ja suhteliselt madal müratase.

VTSP võimsus on piiratud väljatõmbe õhuvooluhulgaga, mis omakorda sõltub hoone õhuvahetusest. Kuna seadme võimsus on piiratud suurus, tuleb arvestada lisakütte kasutamise vajadusega. Antud kortermajal saab selleks üldjuhul kasutada kaugkütet. Kuna väljatõmbeõhu temperatuur muutub aasta lõikes minimaalselt, on selle näol tegu väga stabiilse soojusallikaga. Praktikas tuleb arvestada ka õhu niiskussisaldusega, mis on aasta lõikes muutuv suurus ja on suurel määral korterisisestest niiskuseraldistest ja välisõhu temperatuurist ning suhtelisest niiskusest.

6.3. Kortterelamu energiatõhususe parandamise majanduslik analüüs

Tehtavate tööde maksumuse määramisel kasutatakse konstruktiivemendi maksumuse määramise meetodikat. Ühikhinnad sisaldavad ehitamise otsekulusid (tööjõud, materjalid, ehitusmasinad-seadmed), ehitusplatsi ja -firma üldkulusid, mõistlikku kasumit ja käibemaksu (20 %). Projekti raames koostatud maksumushinnang on orienteeriv, st. elamu renoveerimiseks tuleb koostatud projektdokumentide alusel korraldada hinnapakumuste küsimine potentsiaalsetelt ehitustöid tegevatelt ettevõtjatelt. Ehitusmaksumus sõltub nii ajahetkest, objekti asukohast kui ka tellija poolt koostatud töövõtuprogrammist. Siinkohal tuleb rõhutada renoveerimise kavandamise, s.o. tehniliste lahenduste projekteerimise olulisust. Projektlahenduste põhjendatus, detailsus ja põhjalikkus parandavad ilmselgelt tööde kvaliteeti ja ka renoveerimise tehnilist ning majanduslikku tulemust.

Märkused renoveerimistöde maksumuse kalkulatsiooni kohta:

- ✓ arvutuste aluseks olev hinnainfo pärineb tööde maksumuse eelarvestamisel näidiselanutele võetud hinnapakumistest, analoogobjektide tegelikest hinnapakumustest ning sarnastel objektide renoveerimistöde tegelikku maksumust;
- ✓ arvutustes, kus on arvestatud pangalaenu intressiga, eeldatakse, et renoveerimist rahastatakse täies mahus laenurahaga;
- ✓ kui meede viiakse ellu täies ulatuses, eeldatakse olukorda, et eelnevalt ei ole meetme osas töid tehtud.

Lisaks elamu renoveerimistöde tegemisele (kulutused ehitusettevõtjale tehtud tööde eest) tekivad renoveerimisega seondult üldjuhul järgmised kulutused (lihtsustatud loetelu):

- kortterelamu olemasoleva tehnilis-majandusliku olukorra hindamine vastavate spetsialistide poolt – kulutused uuringutele ja ekspertiisidele;
- arhitektuursete ja tehniliste projektdokumentide koostamine ning ehitusloa taotlemine – projekteerimiskulutused ja vastavate lubade taotlemisega seotud kulud;
- renoveerimistöde hanke korraldamine – kulutused (aeg, raha) hanke ettevalmistamiseks; vajadusel kulutused konsultantidele;
- tööde tegemiseks vajalike rahaliste vahendite leidmine laenu põhiosa ja intresside tagasimaksmise kulutused;
- kulutused omanikujärelevalvele.

Majandusarvutustes kasutatavate sisendandmete puhul lähtutakse järgnevast:

- hoone energiatõhususe parandamiseks võetava laenu intressimäär vastavalt hetkel kehtivale KredEx-i renoveerimislaenule on 4,2% kogu laenu tagasimakse ajale;
- laenu tagasimaksmise aeg kortterelamutele on kuni 20 aastat;

- laenu tagasimaksmise ajal on konstantseks soojusenergia maksumuseks võetud:
 - ✓ soojusenergia kehtiv hind 2014 aastal (detsember) 55,09 €/MWh (km-ga).

Tabel 19. Majandusarvutustes kasutatud ehitustööde maksumus

Töö kirjeldus	Ühikhind (km-ga)
Pööningu põranda soojustamine:	
○ Pööningu vahelae olemasoleva täite eemaldamine. Uue soojustuse (30 cm, $\lambda_D \leq 0,05$ W/(mK)) paigaldamine. Käiguteede (katuseluugi, korstnate ja muude vajalike kohtade juurde) väljaehitamine. Välisseinast 1,5 m ulatuses tuuletõkkeplaadi paigaldus (2 – 3 cm, $\lambda_D \leq 0,037$ W/(mK)).	25...30 €/m ²
Välisseinte soojustamine ja renoveerimine	
○ 15 cm välimise lisasoojustuse paigaldus ($\lambda_D \leq 0,037$ W/(mK)), viimistlus; soojustatakse ka aknapaale 2,5 – 5 cm paksuselt.	100 €/m ²
Avatäidete asendamine	
○ Vahetamata akende vahetus, akende asukoht säilib. Uue akna ja rõduukse summaarne soojusläbivus $U_w \leq 1,1$ W/(m ² K): 3-kordne selektiivklaasidega argoontäitega klaaspakett, väikese soojusjuhtivusega raam; aknaplekkide paigaldus, palede viimistlus, uus aknalaud.	200 €/m ²
Sokli soojustamine ja renoveerimine	
○ Sokli soojustamine (kinnise ja tiheda kargstruktuuriga, $\lambda_D \leq 0,037$ W/(mK)) väljast poolt 10 cm, sokli uuestiviimistlus	80 €/m ²
Keldri lae soojustamine	
○ 10 cm lisasoojustuse paigaldus ($\lambda_D \leq 0,04$ W/(mK)).	25 €/m ²
Küttesüsteemi renoveerimine	
○ Olemasoleva küttesüsteemi ümberehitamine 2-torusüsteemiks, radiaatorite vahetamisega ja termostaatventiilide paigaldamisega.	400 €/rad.
○ Elektriradiaatorite paigaldamine trepikodadesse	100 €/kmp
Ventilatsioonisüsteemi renoveerimine (kõetava pinna m² kohta)	
○ Lokaalne mehaaniline väljatõmme köögist ja sanitaarruumidest, värskõhuklappide lisamine välisseintesse: <ul style="list-style-type: none"> ✓ kööki ja sanitaarruumidesse paigaldatakse väljatõmbeventilaatorid ning vaheustesse paigaldatakse siirdeõhuretid, ✓ korteri elu- ja magamistubadesse radiaatorite taha/kohale paigaldada värskõhuklapid, 	10 €/ m ²
○ Korteri põhise agregaadiga mehaaniline sissepuhke-/väljatõmbe ventilatsioon: <ul style="list-style-type: none"> ✓ korteri kööki välisseina lähedale või esikusse paigaldatakse soojustagastusega ventilatsiooniagregaat, ✓ sanitaarruumid ja elu- ning magamistoad ühendatakse ventilatsiooniagregaadiga torustike abil. 	50 €/ m ²
Välisüksed	
○ Metallukse paigaldus ($U \leq 1,6$ W/(mK)).	250 €/m ²

7. Lisad

7.1. Vabasoojuskormuse ja tasakaalutemperatuuri leidmine

Tasakaalutemperatuur on temperatuur, milleni tõstetakse siseõhutemperatuur küttesoojuse arvelt. Edasine temperatuuri tõus toimub vabasoojuse (päike, inimesed, seadmed) abil. Tasakaalutemperatuur langeb peale hoone renoveerimist, millega saavutatakse energiasäästu. Hoone tasakaalutemperatuur sõltub hoone piirdetarindite soojakadudest, sisetemperatuurist, vabasoojuse hulgast ja õhuvahetuse hulgast.

Teooria:

- Piirdetarindite erisoojuskadu:

$$H_{\text{piirded}} = \Sigma (U_i \cdot A_i) \text{ [kW/}^\circ\text{C]}$$

- Õhuvahetuse erisoojuskadu:

$$H_{\text{vent}} = L \cdot \rho \cdot c \text{ [kW/}^\circ\text{C]}$$

- Hoone erisoojuskadu kokku:

$$H = H_{\text{piirded}} + H_{\text{vent}} = \Sigma (U_i \cdot A_i) + L \cdot \rho \cdot c \text{ [kW/}^\circ\text{C]}$$

Kogu vabasoojus hoones korterite 1 m² kohta on q_{vs} = 50 kWh/(m² a).

Vabasoojus korterelamus	Päike	Inimesed, valgustus ja seadmed	Kokku
Kuu	kWh/m ²	kWh/m ²	KWh/m ²
Jaauar	0,8		
Veebruar	1,7		
Märts	4,4		
Aprill	4,5		
Mai	5,6		
September	3,4		
Oktoober	1,6		
November	0,7		
Detsember	0,3		
Kokku	23	29,1	52,1

Vabasoojuse kasutamine sõltub hoone küttesüsteemi automatiseeritusest. Välistemperatuurianduriga automaatse ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi vabasoojuse kasutegur on 0,55. Raadiaatoritele paigaldatud automaatsete termostaatventiilide küttesüsteemi vabasoojuse kasutegur on 0,7.

Tabel 20. Tasakaalutemperatuur enne ja peale renoveerimist

	Ühik	Praegune olukord	Pakett I	Pakett II	Pakett III
Arvestuslik vabasoojus 1m ² kohta, q_{vs}	kWh/m ² a	50	50	45	45
Vabasoojuse utilisatsioonitegur	-	0,55	0,55	0,7	0,7
Kogu hoone arvestuslik vabasoojus aastas, Q_{vs}	kWh/a	12887	14024	16064	16064
Keskmine vabasoojuskoormus, Φ_{vs}	kW	1,97	2,14	2,77	2,77
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vs}	kW/ °C	0,92	0,36	0,29	0,29
Õhuvahetus	1/h	0,25	0,5	0,5	0,5
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/ °C	0,1	0,2	0,2	0,06*
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/ °C	1,02	0,56	0,48	0,35
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t = \Phi_{vs} / H$	°C	1,9	3,8	5,7	8,0
Kogu hoone keskmine siseõhu temperatuur kütteperioodil	°C	20,5	20,5	20,5	21
Tasakaalutemperatuur	°C	18,6	16,7	14,8	13,0

* - arvatatud 70% soojustagastusega

7.2. Vent-Axia tooted

Energiasäästubüroo OÜ heaks partneriks on Vent-Axia, kes pakub oma klientidele korterite ventilatsiooniagregaatide.

Nii on turule toodud uued lahendused, kus on tegemist praktiliselt köögikappi mahtuva **Sentinel Kinetic** soojusvahetiga, mis on ühelt poolt integreeritud olemasolevasse ventilatsioonisüsteemi, kuid mille äratõmbesüsteem viiakse igasse olme- ja eluruumi. Süsteemi efektiivsus on arendatud 92% energiatagastuseni. Tegemist on lihtsa ligipääsetavusega soojusvahetiga, mille tööd kaitseb kaks vahetatavat EU3 filtrit. Õhuvahetuse tagavad kaks novaatorlikku EC DC mootorit, mis tagavad süsteemi pikaajalise ning kõrge energiaefektiivsuse. Energiatarve on vaid 0,56 w/l/s, ehk 3-toalise korteri kogukulu süsteemi käitamiseks on vaid ca 83 euro senti kuus.



Foto 3. Vent-Axia Sentinel Kinetic ventilatsiooniagregaat

7.3. Kasutatud kirjandus

1. Energiatõhususe miinimumnõuded. Vabariigi Valitsuse 30.08.2012 määrus nr. 68 (RT I, 05.09.2012, 4).
2. Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika. Vabariigi Valitsuse 8. oktoobri 2012. a määrus nr. 63 (RT I, 18.10.2012, 1).
3. Nõuded sisekliimale, kaasa arvatud soojuslik mugavus, siseõhu puhtus, valgustus ja müra. (2007) Eesti Standard EVS-EN 15251:2007.
4. Hoonete soojuslik toimivus (2008) Eesti Standard EVS-EN 13370:2008
5. T.-A. Kõiv, A. Rant (2013) Hoonete küte
6. Eesti Kraadpäevad – Kredex
7. TTÜ uuring (2009). „Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga”.