



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

SOOJUSPUMPADE KASUTAMINE
KAUGKÜTTETARBIJATE JUURES

INFLUENCE OF CUSTOMER EXHAUST AIR HEAT PUMP IN DISTRICT HEATING
SYSTEM

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane:Ekaterina Fedorova.....

/ nimi /

Üliõpilaskood:132249.....

Juhendaja:Arbo Reino.....

/ nimi /

Tallinn, 2017.a.

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Ekaterina Fedorova	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> SOOJUSPUMPADE KASUTAMINE KAUGKÜTTETARBIJATE JUURES	
<i>Kuupäev:</i> 25.05.2017	94 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut	
<i>Töö juhendaja(d):</i> Arbo Reino	
<i>Töö konsultant (konsultandid):</i>	
<i>Sisu kirjeldus:</i> Käesoleva töö eesmärk on uurida konkreetsetel, aga töös anonüümsetel näidetel korterelamute renoveerimise terviklikkuse ja soojuspumpade tootlikkuse mõju kaugküttesüsteemi talitlusele. Tulemuste tulenevalt korterelamu soojustamine vähendab soojuse tarbimist keskmiselt 24,3%. Soojustagastussüsteemiga soojuspumba keskmine osakaal on vähem võrreldes õhk – vesi – soojuspumba osakaaluga. Tehtud arvutused näitavad, et soojustagastussüsteemiga soojuspumba hooaja soojusteguri SCOP väärtus on 2,65, õhk – vesi – soojuspumba parameetri SCOP väärtus on 2,34. Need väärtused pole kaugeltki selliseid, mida kasutatakse renoveerimisprojektide koostamisel, kus arvestatakse väärtustega 3,0 – 3,5. Erandjuhtumiks on korterelamu, kus peale soojuspumba kasutatakse soojuse tootmise lisaallikana päikesekollektoreid. Antud juhul paigaldatud õhk – vesi – soojuspumba keskmine soojustegur SCOP 3,07. Kaalutud energiaerikasutus KEK on arvatud iga kütteperioodi või aasta lõikes, et näha parameetri KEK väärtuse sõltuvust soojuspumba osakaalust, mis muutub igal kütteperioodil või aastal. Arvutuse meetodika kohaselt ainult kaks korterelamut omavad energiamärgise „C“ klassi. Soojuspumpade kasutamine mõjutab negatiivselt kaugküttesüsteemi talitlust, sest väheneb tarbitava soojuskandja maht, tekkib tarbimise ettearvamatus, tõuseb tagastuva soojuskandja temperatuur ja suureneb süsinikdioksiidi (CO ₂) heitkogused.	
<i>Märksõnad:</i> soojuspump, hooaja soojustegur (SCOP), kaalutud energiaerikasutus KEK, tagastuva soojuskandja temperatuuri tõus.	

Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Ekaterina Fedorova	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> INFLUENCE OF CUSTOMER EXHAUST AIR HEAT PUMP USAGE IN DISTRICT HEATING SYSTEM	
<i>Date:</i> 25.05.2017	94 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology School of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Arbo Reino	
<i>Consultant(s):</i>	
<i>Abstract:</i> The aim of the Master thesis is to perform research on specific, yet anonymous, examples of the completeness of renovating apartment buildings and the productivity effects of heat pumps on the performance of district heating systems. According to results, insulating apartment buildings reduces heat consumption around 24,3%. The median proportion of the exhaust air heat pumps is smaller in comparison with the air – to - water heat pumps. Calculations indicate that the Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) of the exhaust air heat pumps is 2,65. Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) of the air – to – water pump is 2,34. These values are not nearly identical to the ones used in composing renovation projects which take into account values ranging between 3,0 and 3,5. An apartment building, however, is an exception, using evacuated tube collectors as additional sources for heat production in addition to heat pumps. In this case, Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) of the air – to - water heat pump is 3,07. Annual primary energy is calculated at the end of each heating period or year to view the relation of the annual primary energy value to the changes of the heat pump at any certain point within the period or year. According to the calculation methodology, only two apartment buildings obtain an energy performance class “C”. The Heat pump significantly affects the district heat consumption, return temperatures and total CO ₂ emission.	
<i>Key words:</i> heat pump, Seasonal Coefficient of Performance (SCOP), annual primary energy, rise of the return temperature in district heating system	

Sisukord

Lõputöö ülesanne.....	6
Teema põhjendus:	6
Töö eesmärk:.....	8
Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:.....	8
Lähteandmed:.....	8
Lõputöö konsultandid (vajadusel):.....	9
Eessõna	10
Sissejuhatus.....	11
1. Korterelamu renoveerimise tase	14
1.1. Üldist.....	14
1.2. Energiatõhususarv (ETA) ja kaalutud energiaerikasutus (KEK)	14
1.3. Energia lokaaltootmise allikad.....	19
2. Soojuspumpad	20
2.1. Soojuspumpade liigitus	20
2.2. Aurukompressorsoojuspumba tööpõhimõte.....	20
2.3. Madaltemperatuuriliste soojusallikatega soojuspumpad.....	22
2.4. Soojustegur	24
2.5. Kaugkütteseadus	25
2.6. Turul pakutavate tehniliste lahenduste näidised	25
3. Soojustagastussüsteemiga soojuspumpade kasutuse mõju kaugküttesüsteemi talitlusele	33
4. Euroopa Liidu energiapoliitika ja Eesti pikaajalise energiamajanduse arengukava ENMAK 2030+	37
5. Korterelamu renoveerimise mõju analüüs kaugküttesüsteemi talitlusele.....	42
5.1. Üldist.....	42
5.2. Analüüsi tegemiseks vajalikud andmed.....	42
5.3. Analüüs	43
6. Tulemused	76
Lõputöö kokkuvõte	87
Kirjandus	90
Lisad	94

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	Soojuspumpade kasutamine kaugküttetarbijate juures
Üliõpilane:	Ekaterina Fedorova, 132249
Eriala:	Elektroenergeetika
Lõputöö liik:	Magistritöö
Lõputöö juhendaja:	
Lõputöö ülesande kehtivusaeg:	
Lõputöö esitamise tähtaeg:	25.05.2017

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Instituudi direktor (allkiri)

Teema põhjendus:

Kirjuta siia miks on vaja seda teemat uurida? Miks ja kelle jaoks on see teema oluline? Selgita probleemi tausta, aktuaalsust ja olulisust. Määratle omapoolne panus ehk mida sinu töö lisaks teadaolevale annab?

Eelmise kümne aasta jooksul on soojuse hind läbi teinud suured muutused, saavutades 2015.a alguseks rekordilise taseme. Sellele on järgnenud, aga veelgi kiirem langus. Täna on soojuse hind enamuse kaugküttepiirkondades langenud viimase 5 aasta madalaimale tasemele. Seoses kõikuvate hindadega otsivad tarbijaid altrnatiivseid lahendusi soojuse kulude vähendamiseks. Viimasel ajal selleks alternatiivseks lahenduseks on kortermaja osaline või täielik renoveerimine, mille eesmärk on energiatõhususe suurendamine. Kortermaja renoveerimise all mõeldakse fassaadi, vundamendi ja katuse soojustamine, uue soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi ehitamine või ventilatsioonisüsteemi korrastamine, küttesüsteemi rekonstrueerimine, akende ja uste vahetamine ning energia kohttootmise allikate paigaldamine. Ülaltoodud abinõud kajastuvad kortermaja soojuse tarbimises kaugküttevõrgust. Soojuse tarbimise muutus sõltub korterelamu renoveerimise tasemest. Renoveerimise lõpptulemusel väheneb soojuse tarbimine kaugküttesüsteemist, mis toob kaasa olukorra, kui lisaks kaugküttevõrgust ostetud soojusele maja elanikud tarbivad soojust ka energia lokaaltootmise allikatest. Oma soojusallikast toodetud soojust kasutatakse esimesena,

kuid selle rikke või soojuse puudujäägi korral loodetakse kaugküttele. Selline olukord mõjutab negatiivselt koostootmisjaamade ja katlamajade talitlust, mille tulemusena nende efektiivsus väheneb, aga soojuse hind tõuseb.

Samal ajal energia lokaaltootmise allikate paigaldus kortermajadesse suurendab, vastavalt energiatõhususe arvutamise reeglitele, selle hoone energiatõhusust ja vähendab energiasõltuvust. Samal ajal kogu Eesti energiasüsteemi vaates asendatakse reeglina taastuvatest kütustest toodetud kaugküttesoojus hoopis põlevkivist toodetud elektriga soojuspumpade käitamiseks, seega taastuenergia osakaal väheneb ja kasvab kasvuhoonegaaside heitkogust. Üldnimetatud aspektid mõjutavad positiivselt Euroopa Parlamendi ja Nõukogu poolt sätestatud *19.05.2010 direktiivi 2010/31/EL* hoonete energiatõhususe kohta ja *25.10.2012 direktiivi 2010/27/EL* täitmist, kuid mõjuvad katastroofiliselt taastuenergia ja kasvuhoonegaaside eesmärkide täitmisele. Antud direktiivide eesmärkideks on

- suurendada:

- energiatõhusust Euroopa Liidu piires;
- taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu;
- liginullenergiahoonete arvu.

- vähendada:

- kasvuhoonegaaside heitkogust.

Püstitatud eesmärkide täitmiseks liikmesriigid kehtestavad riiklikud kavad. Eestis seda kava nimetatakse Eesti pikaajalise energiamajanduse arengukavaks ehk ENMAK 2030+. Eesti pikaajalise energiamajanduse arengukava väljatöötamise raames on koostatud iga majandusharu kohta (energiamaajandus) stsenaariumid. Soojusmajanduse stsenaariumid koosnevad järgmistest meetmetest:

- Riigi poolne sekkumine;
- Muudatused soojuse tootmis- ja jaotusprotsessides;
- Energiaühistute loomine / osakaalu suurenemine;
- Renoveeritud hoonete osakaalu suurenemine vastavalt ette nähtud stsenaariumis kaalutud energiaerikasutuse (KEK) väärtusele.

Viimase punkti täitmiseks osutab riik korterelamutele rekonstrueerimistoetust, mille suurus sõltub selle korterelamu rekonstrueerimise terviklikkuse tasemest. Rekonstrueerimise

terviklikkuse tase sõltub otseselt energiatõhususarvust (ETA) ja kaalutud energiaerikasutusest (KEK), mille väärtused maksimaaltoetuse korral peavad vastama energiamärgisele „C“ Majandus- ja taristuministri 30.04.2015 määruse nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele” kohaselt. Need väärtused on saavutatavad ainult tsentraalse soojustagastusega sundventilatsiooni või ventilatsiooniõhu kasutamiseega. Viimane ongi kohapealne oma tootmisseade.

Töö eesmärk:

Töö eesmärgiks on uurida (üks konkreetne küsimus, millele sa vastust otsid ning mille raames lahendatavad alam-küsimused on loetletud punktis 3)

Töö eesmärgiks on uurida konkreetsetel, aga töös anonüümsetel näidetel korterelamute renoveerimise terviklikkuse ja soojuspumpade tootlikkuse mõju kaugküttesüsteemi talitlusele, silmas pidades riigipoolset energiapolitiikat.

Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Loetle 3-4 konkreetset uurimisiülesannet, mille abil kavatsed töö eesmärgi saavutada või püstitatud küsimusele vastuse anda.

Kui suur on korterelamute soojustamise osakaal soojuse tarbimise vähenemises?

Kui suur on osa elamu vajalikust soojusest suudavad toota ventilatsiooniõhu soojuspumbad?

Kui suur on soojuspumba soojustegur (COP) tegelikult?

Kui palju tarbitakse soojust kaugküttevõrgust suve-ja talvekuudel lisaks soojuspumba poolt toodetud soojusele?

Võrrelda omavahel soojuskandja jahtumise näitajad (ΔT) enne ja peale soojuspumpade paigaldust.

Arvutada korterelamute renoveerimisjärgsed kaalutud energiaerikasutuse (KEK) väärtused.

Lähteandmed:

Milliseid andmeid plaanid kasutada püstitatud eesmärkide lahendamiseks? Kus kohast või kelle käest saad andmed?

Plaanis on kasutada järgmisi andmeid.

- korterelamute poolt esitatud andmed: soojuspumpade toodang, kütte- ja ventilatsioonisüsteemidele kuuluv elektrienergia;
- soojusettevõtete poolt esitatud andmed: kortermajade tarbitud soojuse MWh ja soojuskandja m³ koogused.

Lõputöö konsultandid (vajadusel):

Konsultant nimi (allkiri, kuupäev)

Konsultant nimi (allkiri, kuupäev)

Eessõna

Antud magistr töö teema on pakutud Tallinna Tehnikaülikooli poolt, doktorandi Arbo Reino initsiatiivil. Antud teemaga tegelemise põhjuseks on autori isiklik huvi uurimisprobleemi vastu.

Autor tänab doktoranti Arbo Reino, tema panuse eest käesoleva magistr töö kirjutamisesse.

Sissejuhatus

Eelmise kümne aasta jooksul on soojuse hind läbi teinud suured muutused, saavutades 2015.a alguseks rekordilise taseme. Sellele on järgnenud, aga veelgi kiirem langus. Täna on soojuse hind enamuse kaugküttepiirkondades langenud viimase 5 aasta madalaimale tasemele. Seoses kõikuvate hindadega otsivad tarbijaid alternatiivseid lahendusi soojuse kulude vähendamiseks. Viimasel ajal selleks alternatiivseks lahenduseks on kortermaja osaline või täielik renoveerimine, mille eesmärk on energiatõhususe suurendamine. Seda on soodustanud ka riiklike toetuste võimaldamine. Kortermaja renoveerimise all mõeldakse fassaadi, vundamendi ja katuse soojustamine, uue soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi ehitamine või ventilatsioonisüsteemi korrastamine, küttesüsteemi rekonstrueerimine, akende ja uste vahetamine ning energia lokaalootmise allikate paigaldamine. Ülaltoodud abinõud kajastuvad kortermaja soojuse tarbimises kaugküttevõrgust. Soojuse tarbimise muutus sõltub korterelamu renoveerimise tasemest. Renoveerimise lõpptulemusel väheneb soojuse tarbimine kaugküttesüsteemist, mis toob kaasa olukorra, kui lisaks kaugküttevõrgust ostetud soojusele maja elanikud tarbivad soojust ka energia lokaalootmise allikatest. Oma soojusallikast toodetud soojust kasutatakse esimesena, kuid selle rikke või soojuse puudujäägi korral loodetakse kaugküttele. Selline olukord mõjutab negatiivselt koostootmisjaamade ja katlamajade talitlust, mille tulemusena nende efektiivsus väheneb, aga soojuse hind tõuseb.

Samal ajal energia lokaalootmise allikate paigaldus kortermajadesse suurendab, vastavalt energiatõhususe arvutamise reeglitele, selle hoone energiatõhusust ja vähendab energiasõltuvust. Samal ajal kogu Eesti energiasüsteemi vaates asendatakse reeglina taastuvatest kütustest toodetud kaugküttesoojus hoopis põlevkivist toodetud elektriga soojuspumpade käitamiseks, seega taastuenergia osakaal väheneb ja kasvab kasvuhoonegaaside heitkogust. Üldnimetatud aspektid mõjutavad positiivselt Euroopa Parlamendi ja Nõukogu poolt sätestatud *19.05.2010 direktiivi 2010/31/EL* hoonete energiatõhususe kohta ja *25.10.2012 direktiivi 2010/27/EL* täitmist, kuid mõjuvad katastroofiliselt taastuenergia ja kasvuhoonegaaside eesmärkide täitmisele.

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivide 2010/31/EL ja 2010/27/EL eesmärkideks 2020 aastaks:

- suurendada:
 - energiatõhusust Euroopa Liidu piires;
 - taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu;

- liginullenergiahoonete arvu.
- vähendada:
 - kasvuhoonegaaside heitkogust.

Püstitatud eesmärkide täitmiseks liikmesriigid kehtestavad riiklikud kavad. Eestis seda kava nimetatakse Eesti pikaajalise energiamajanduse arengukavaks ehk ENMAK 2030+. Eesti pikaajalise energiamajanduse arengukava väljatöötamise raames on koostatud iga majandusharu kohta (energiamaajandus) stsenaariumid. Soojusmajanduse stsenaariumid koosnevad järgmistest meetmetest:

- Riigi poolne sekkumine;
- Muudatused soojuse tootmis- ja jaotusprotsessides;
- Energiaühistute loomine / osakaalu suurenemine;
- Renoveeritud hoonete osakaalu suurenemine vastavalt ette nähtud stsenaariumis kaalutud energiaerikasutuse (KEK) väärtusele.

Viimase punkti täitmiseks osutab riik korterelamutele rekonstrueerimistoetust, mille suurus sõltub selle korterelamu rekonstrueerimise terviklikkuse tasemest. Rekonstrueerimise terviklikkuse tase sõltub otseselt energiatõhususarvust (ETA) ja kaalutud energiaerikasutusest (KEK), mille väärtused maksimaaltoetuse korral peavad vastama energiamärgisele „C“ *Majandus- ja taristuministri 30.04.2015 määruse nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele”* kohaselt. Need väärtused on saavutatavad ainult tsentraalse soojustagastusega sundventilatsiooni või ventilatsiooniõhu kasutamiseega. Viimane ongi kohapealne oma tootmisseade.

Käesoleva töö eesmärk on uurida konkreetsetel, aga töös anonüümsetel näidetel korterelamute renoveerimise terviklikkuse ja soojuspumpade tootlikkuse mõju kaugküttesüsteemi talitlusele, silmas pidades riigipoolset energiapolitiikat.

Eesmärgi saavutamiseks täidetakse järgmised ülesanded:

- korterelamu soojustamise mõju soojuse tarbimisele kaugküttevõrgust;
- soojuspumpade tootlikkus;
- kaugküttevõrgust tarbitud soojuse osakaal suve- ja talvekuudel;
- soojuskandja maht ja jahtumise näitajad (dT) enne ja peale soojuspumpade paigaldust;
- arvutatud kaalutud energiaerikasutuse väärtuse vastavus korterelamule ette antud energiamärgilisele;
- Europa Liidu ja riigipoolne energiapolitiika.

Püstitatud ülesannete lahendamisel kasutatakse kombineeritud meetodikat, mis koosneb kvalitatiivsest ja kvantitatiivsest uurimismeetodist. Kvalitatiivset meetodit kasutatakse uurimisprotsessi loomiseks ja järelduste tegemiseks. Kvantitatiivset meetodit kasutatakse eesmärgi püstitamiseks, andmete kogumiseks ja tulemuste esitamiseks. Eesmärgi püstitamisel lähtutakse vajadusest vähendada soojuskulusid, sest viimased moodustavad suurema osa kommunaalmaksetest, arvestades korterelamute renoveerimise mõjuga kaugküttesüsteemile ja energiamajanduse arengule. Uurimisprotsessi iseloom on mitmekülgne, sest puudutab soojustarbijaid, kaugkütteteenust pakkuvat soojusettevõtet, elektrisüsteemi ja arvestades võetud süsinikdioksiidi (CO₂) vähendamise eesmärke ka kogu riiki. Analüüsi tegemiseks kasutatakse korteriühistute esindajate ja soojust tootvate ettevõtete poolt esitatud andmeid. Analüüsi põhieesmärgiks on saada statistiliselt usaldusväärseid andmeid järelduste tegemiseks. Järelduste tegemisel kasutatakse induktiivset analüüsi, sest on oluline hinnata korterelamute renoveerimise terviklikkuse mõju nii soojustarbijatele kui ka Eesti energiamajanduse arengule. Järeldused põhinevad tabelarvutustel, mille põhjal tehakse graafikud. Tulemuste näitajad on arvulised ja vähe sõltuvad tõlgendusest.

Käesolev töö on jagatud kaheks osaks: teoreetiliseks ja praktiliseks. Teoreetilises osas käsitletakse korterelamu renoveerimise tasemed, energia lokaaltootmise allikad, õhkventilatsiooni soojuspumpade mõju kaugkütte- ja elektrisüsteemi talitlusele ning Euroopa Liigu ja riigipoolne energiapoliitika. Teoreetilises osas näidatakse seos teadusartiklitega, milles uurimisobjektideks on õhkventilatsiooni soojuspumpade mõju kaugküttesüsteemi talitlusele ja süsinikdioksiidi (CO₂) kogusele. Praktilises osas tehakse kogutud andmete alusel analüüs ja järeldused.

1. Korterelamu renoveerimise tase

1.1. Üldist

Kortermaja renoveerimise all mõeldakse fassaadi, vundamendi ja katuse soojustamine, uue soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi ehitamine või ventilatsioonisüsteemi korrastamine, küttesüsteemi rekonstrueerimine, akende ja uste vahetamine ning energia lokaaltootmise allikate paigaldamine. Korterelamu rekonstrueerimise eesmärgiks on energiatõhususe suurendamine. Energiatõhusust iseloomustavad energiatõhususarv (ETA) ja kaalutud energiaerikasutus (KEK).

1.2. Energiatõhususarv (ETA) ja kaalutud energiaerikasutus (KEK)

Energiatõhususarv [kWh/(m²·a)] – arvutuslik summaarne tarnitud energiatega kaalutud erikasutus hoone tüüpilisel kasutamisel, millest arvatakse maha summaarne eksporditud energiatega kaalutud erikasutus. [1]

Energiatõhususarv ETA arvutatakse, jagades summaarse kaalutud tarnitud energiakasutuse ja summaarse kaalutud eksporditud energiakasutuse vahe köetava pinna ruutmeetrite arvuga:

$$ETA = \frac{\sum_i (E_{tar,i} - E_{eks,i}) \times f_i}{A_{köetav}} \quad (1.2.1)$$

kus,

ETA on energiatõhususarv $\frac{kWh}{(m^2 \times a)}$;

$E_{tar,i}$ on energiakandjaga i tarnitud energia $\frac{kWh}{a}$;

$E_{eks,i}$ on energiakandjaga i eksporditud energia $\frac{kWh}{a}$;

f_i on energiakandja i kaalumistegur

$A_{köetav}$ on köetav pind m² [1]

Tarnitud energia – elektrivõrgust või kaugküttevõrgust või kütusest aastas hangitud energia kilovatt-tundides (kWh/a) või energiasisaldus kilovatt-tundides, millega kaetakse lokaalsest taastuvenergiast katmata jääv hoone aastane summaarne energiakasutus. Kinnistult hangitud kütusest toodetud energia loetakse tarnitud energiaks.

Eksporditud energia – hoones või kinnistul toodetud elektri- või soojusenergia, mida ei kasutata hoones ja mis eksporditakse energiavõrkudesse.

Energiakandjate kaalumistegurid – tegurid, millega võetakse arvesse tarnitud energia tootmiseks vajalik primaarenergia kasutus ja selle keskkonnamõju. Energiakandjate kaalumistegurite arvvaartused on esitatud sätestatud Majandus- ja taristuministri poolt määruses nr 55. [1]

Vastavalt Majandus- ja taristuministri määruse nr 55 §-le 9 on energiakandjate kaalumistegurid järgmised:

Tabel 1.1.2.1 Energiakandjate kaalumistegurid [2]

Energiakandja	Kaalumistegur
Taastuvtoormel põhinev kütus (puit ja puidupõhine kütus ning muu biokütus, välja arvatud turvas ja turbabrikett)	0,75
Kaugküte	0,9
Vedelkütus (kütteõli ja vedelgaas)	1,0
Maagaas	1,0
Tahke fossiilkütus (kivisüsi ja muu selline kütus)	1,0
Turvas ja turbabrikett	1,0
Elekter	2,0

Kaalutud energiaerikasutus – energiakandjate kaalumisteguritega korrutatud aastane energiakasutus kilovatt-tundides hoone köetava pinna ruutmeetri kohta [kWh/(m²·a)].

Hoone aastane kaalutud energiaerikasutus arvutatakse valemiga:

$$KEK = 1000 \times \frac{Q_C}{A_{kyt}} \quad (1.2.2)$$

kus,

KEK on kaalutud energiaerikasutus $\frac{kWh}{(m^2 \times a)}$;

Q_C on hoone keskmine kaalutud normaalaasta energiakasutus $\frac{MWh}{a}$;

A_{kyt} on hoone köetav pind m²;

Energiakasutus – elektri- või soojusenergia kasutus vaadeldavas süsteemipunktis. Energiakasutus arvutatakse netoenergiavajadusest, võttes arvesse süsteemikaod ja kaod

energia muundamisel. Tehnosüsteemi lõpp-punktis (üldjuhul liitumispunkt energiavõrguga) võrdub tehnosüsteemi energiakasutus tarnitud energia ja lokaalse taastuenergia summaga.

Hoone keskmine kaalutud normaalaasta energiakasutus arvutatakse valemiga:

$$Q_C = Q_{C,kyt} + Q_{C,tvs} + Q_{C,el} + Q_{C,g} \quad (1.2.3)$$

kus,

Q_C on hoone keskmine kaalutud normaalaasta energiakasutus $\frac{MWh}{a}$;

$Q_{C,kyt}$ on mitmete aastate keskmine normaalaasta kaalutud küttesoojuse kulu ühe täisaasta kohta $\frac{MWh}{a}$;

$Q_{C,tvs}$ on mitmete aastate keskmine kaalutud tarbevee valmistamise kulu ühe täisaasta kohta $\frac{MWh}{a}$;

$Q_{C,el}$ on energiakandja kaalumisteguriga läbi korrutatud keskmise elektri kulu ühe täisaasta kohta $\frac{MWh}{a}$;

$Q_{C,g}$ on energiakandja kaalumisteguriga läbi korrutatud keskmise gaasi kulu ühe täisaasta kohta $\frac{MWh}{a}$;

Kraadpäev – hoone sisetemperatuuri ja välisõhu temperatuuri vahet iseloomustav näitaja, mille ühikuks on Celsiuse skaala (°C) järgi ühekraadne temperatuurierinevus arvestusliku sisetemperatuuri ja ööpäeva ehk 24-tunnise ajavahemiku keskmise välisõhu temperatuuri vahel.

Normaalaasta kraadpäevade arv – hoone asukoha piirkonna keskmine kraadpäevade arv aastas ajavahemikus aastatel 1975–2004.

Hoone tasakaalutemperatuur – hoone siseõhu temperatuur Celsiuse skaala (°C) järgi, milleni tuleb ruumiõhku kütte- ja ventilatsioonisüsteemiga kütta arvestades, et õhu soojenemine tasakaalutemperatuurist ruumi vajaliku siseõhu temperatuurini toimub vabasoojuse (näiteks inimestest, elektritarvititest, päikesekiirgusest eralduv soojus) arvel.

Normaalaasta kraadpäevade arvu alusel taandatud küttesoojuse kulu arvutatakse iga energiaallika kohta järgmise valemiga:

$$Q_{N,kyt} = Q_{teg,kyt} \times \frac{S_N}{S_{teg}} \quad (1.2.4)$$

kus,

$Q_{teg,kyt}$ on küttesoojuse kulu vaadeldaval täisaastal $\frac{MWh}{a}$;

S_N on normaalaasta kraadpäevade arv

S_{teg} on kraadpäevade arv vaadeldaval täisaastal

Normaalaasta kraadpäevade arvu alusel taandatud ja energiakandjate kaalumisteguritega läbi korrutatud küttesoojuse kulu ühe täisaasta kohta arvutatakse valemiga:

$$Q_{(C,kyt)j} = \sum_{i=1}^p C_{k,i} \times Q_{(N,kyt)i} \quad (1.2.5)$$

kus,

p on kütteks vajatava soojusenergia saamiseks kasutatud energiaallikate arv vaadeldaval täisaastal

C_k on energiakandja kaalumistegur

Mitmete aastate keskmine normaalaasta kaalutud küttesoojuse kulu arvutatakse valemiga:

$$Q_{C,kyt} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_{(C,kyt)j} \quad (1.2.6)$$

kus,

n on vaadeldavate täisaastate arv

Energiakandjate kaalumisteguritega läbi korrutatud soojusenergia kulu tarbevee soojendamiseks ühe täisaasta kohta arvutatakse valemiga:

$$Q_{(C,tsv)j} = \sum_{i=1}^p C_{k,i} \times Q_{tsv,i} \quad (1.2.7)$$

kus,

Q_{tsv} on soojusenergia kulu tarbevee soojendamiseks vaadeldaval täisaastal $\frac{MWh}{a}$;

p on tarbevee soojendamiseks vajatava soojusenergia saamiseks kasutatud

energiaallikate arv vaadeldaval täisaastal

C_k on energiakandja kaalumistegur

Mitmete aastate keskmine kaalutud tarbevee valmistamise kulu ühe täisaasta kohta arvutatakse valemiga:

$$Q_{C,kyt} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_{(C,tsv)j} \quad (1.2.8)$$

kus,

n on vaadeldavate täisaastate arv

Energiakandja kaalumisteguriga läbi korrutatud keskmine elektri kulu ühe täisaasta kohta arvutatakse valemiga:

$$Q_{C,el} = C_{k,el} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{el,i} \quad (1.2.9)$$

kus,

$Q_{C,el}$ on elektri kulu, millest on maha arvestatud kütteks ja tarbevee soojendamiseks

kasutatud elekter $\frac{MWh}{a}$;

n on vaadeldavate täisaastate arv

C_k on energiakandja kaalumistegur

Energiakandja kaalumisteguriga läbi korrutatud keskmine gaasi kulu ühe täisaasta kohta, mida ei ole tarbitud küttesoojuse saamiseks, arvutatakse valemiga:

$$Q_{C,g} = C_{k,g} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{g,i} \quad (1.2.10)$$

kus,

$Q_{C,g}$ on gaasi kulu, mida ei ole tarbitud küttesoojuse saamiseks $\frac{MWh}{a}$;

n on vaadeldavate täisaastate arv

C_k on energiakandja kaalumistegur

Vastavalt Majandus- ja taristuministri 30.04.2015 määrusele nr 36, lisa 3: hoone energiatõhususarvu (ETA) või kaalutud energiaerikasutuse (KEK) klass määratakse kindlaks

korterleamutele lähtuvalt energiatõhususarvust või hoone kaalutud energiaerikasutusest alljärgnevatelt klasside skaalalt [3]:

Tabel 1.2.2 Korterelamu energiatõhususarvu (ETA) või kaalutud energiaerikasutuse (KEK) klassi skaala [3]

ETA või KEK, kWh/(m ² a)	Klass
ET või KEK ≤ 100	A
101 ≤ ET või KEK ≤ 120	B
121 ≤ ET või KEK ≤ 150	C
151 ≤ ET või KEK ≤ 180	D
181 ≤ ET või KEK ≤ 220	E
221 ≤ ET või KEK ≤ 280	F
281 ≤ ET või KEK ≤ 340	G
ET või KEK ≥ 341	H

Vastavalt ülaltoodud tabelis (Tabel 1.2) esitatud ETA ja KEK väärtustele määratakse korterelamule energiamärgise klass, mis omakorda vastab korterelamu renoveerimise tasemele. Kõrgema energiamärgise klassi saavutamiseks peale hoone soojustamise paigaldatakse ka energia lokaaltootmise allikad.

1.3. Energia lokaaltootmise allikad

Kommunaalkulude vähendamiseks peale ehitise tervikliku soojustamise varustatakse hoone ka energia lokaaltootmise allikatega. Energia lokaaltootmise allikatena kortermajades kasutatakse:

- Päikesepaneelid;
- Päikesekollektoreid;
- Soojuspumpasid.

Igäüks nendest seadmetest aitab kaasa kaugkütte- ja/või elektrivõrgust tarbitava energia vähendamisele. Soojuspumpade osakaal on kõige suurem selles protsessis. Järelikult soojuspumpad mõjutavad kõige rohkem keskvõrgu talitlust.

2. Soojuspumpad

2.1. Soojuspumpade liigitus

Mõiste

Soojuspump on masin, seade või paigaldis, mis kannab niisugusest looduslikust keskkonnast nagu õhust, veest või maapinnast saadava soojuse üle hoonetesse või tööstuslikesse rakendustesse, pöörates soojuse loomuliku voolu niisuguseks, et see voolab madalamalt temperatuurilt kõrgemale. Reverseeritavad soojuspumpad võivad ühtlasi kanda soojust hoonest looduslikku keskkond. [4]

Soojuspumpade liigitus

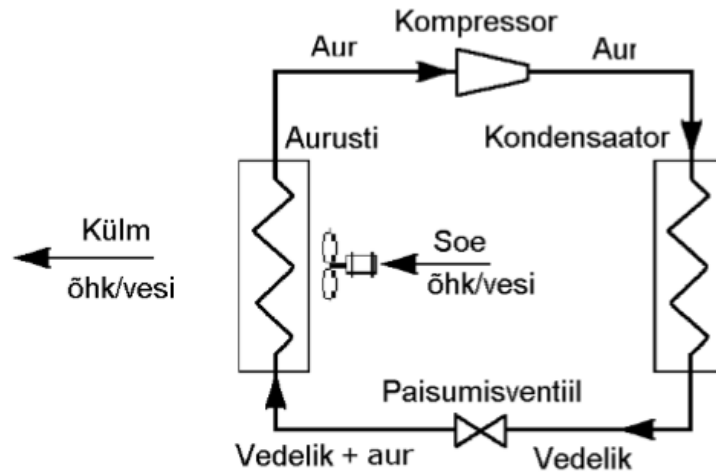
Soojuspumpasid liigitatakse gruppidesse erinevate tunnuste järgi:

- Tööpõhimõte järgi (aurukompressorsoojuspumpad, absorptsioonsoojuspumpad, gaasikompressorsoojuspumpad, termoelektrilised soojuspumpad, jne);
- Madaltemperatuuriliste soojusallikate järgi (maapind, välisõhk, vesi, heitõhk);
- Töotsükli järgi (suletud, avatud);
- Külmutusagensi järgi (õhk, aur, freoonid jne).

2.2. Aurukompressorsoojuspumba tööpõhimõte

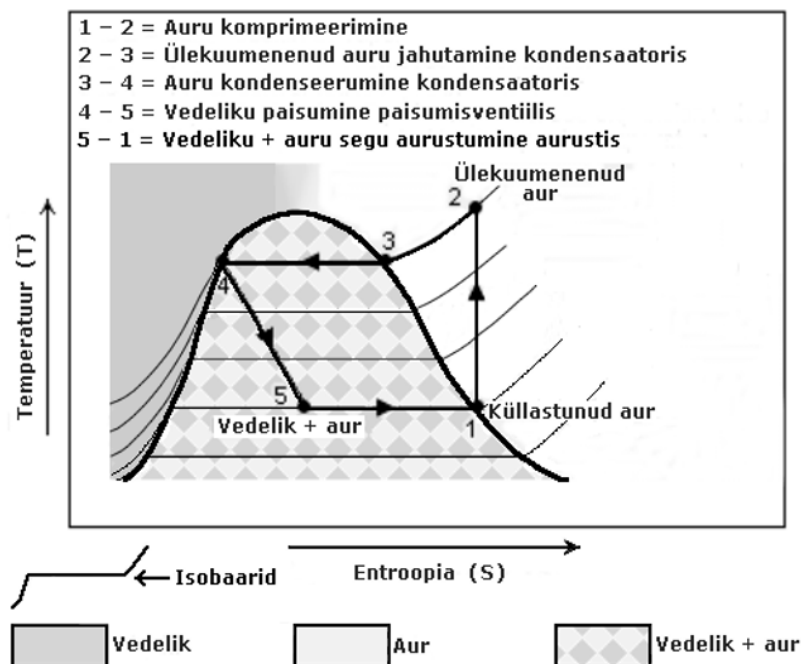
Aurukompressorsoojuspumba põhiosadeks on kompressor, paisventiil ja kaks soojusvahetit – aurusti ja kondensaator. Ülaltoodud põhikomponentid on ühendatud omavahel ja kujutavad ennast suletud süsteemi, kus tsirkuleerib külmutusagens.

Aurukompressorsoojuspumba põhimõtteskeem on esitatud Joonisel 2.2.1.



Joonis 2.2.1 Aurukompressorsoojuspumba põhimõtteskeem

Joonis 2.2.2 on kujutatud antud tüüpi soojuspumba teoreetilist ringprotsessi TS-Graafikil.



Joonis 2.2.2 Aurukompressorsoojuspumba teoreetiline ringprotsess TS-Graafikil

Soojuse ülekande soojusallikalt külmutusagensile toimub siis, kui soojusallika temperatuur on kõrgem, kui külmaaine (külmutusagensi) temperatuur. Sellel tingimusel hakkab külmutusagens aurustuma ja seejärel liikuma kompressorisse, kus toimub kokkusurumine. Kokkusurumisel tõstetakse külmaaine rõhku ja temperatuuri. Soojuspumba kondensaatoris toimub külmutusagensi kondenseerumine ning vabanev soojus antakse soojendatavale

keskkonnale. Kondensaadi jahutamiseks madaltemperatuurilise soojusallika temperatuurini lastakse kondensaadil drosselventiilis paisuda. [5]

2.3. Madaltemperatuuriliste soojusallikatega soojuspumbad

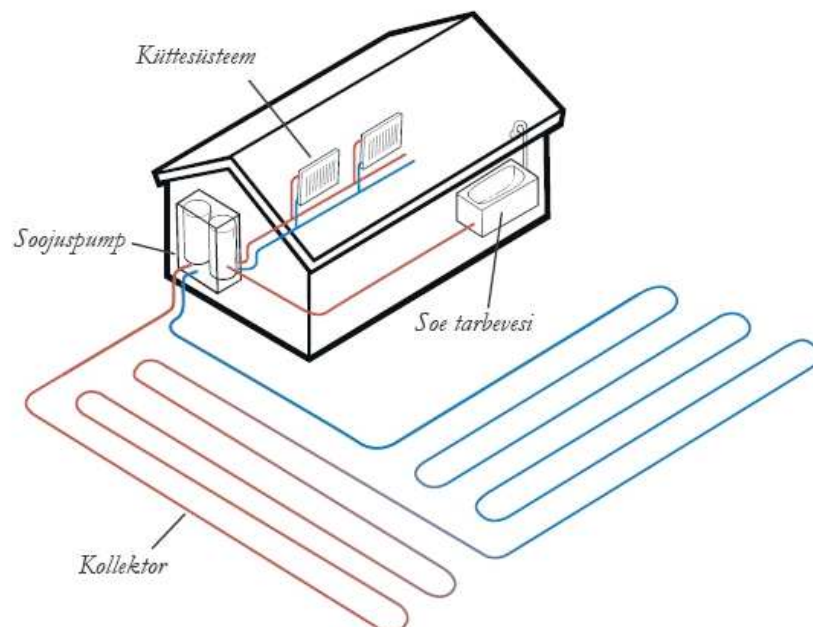
Väikestes eramajandites paigaldatakse madaltemperatuuriliste soojusallikatega soojuspumbad, mis samal ajal kuuluvad aurukompressorsoojuspumpade hulka.

Omakorda madaltemperatuuriliste soojusallikatega soojuspumpasid liigitatakse järgnevalt:

- Maasoojuspump;
- Õhksoojuspump:
 - Õhk – õhk – soojuspump;
 - Õhk – vesi – soojuspump;
 - Väljatõmbeõhu soojuspump. [5]

Maasoojuspump

Maasoojuspumba soojusallikaks kasutatakse maapinda salvestunud päikeseenergiat. Pinnase ülemise kihi temperatuur on vahemikus 4 - 12°C. Maapinda salvestunud soojusenergia kogutakse pinnasesse paigaldatud plasttorustiku ehk maakollektori abil. Kollektor on ühendatud soojuspumbaga, mis varustab hoonet kütte ja sooja tarbeveega (vt Joonis 2.1.1). [6]



Joonis 2.1.1 Maasoojuspumba põhimõtteskeem [6]

Õhksoojuspump

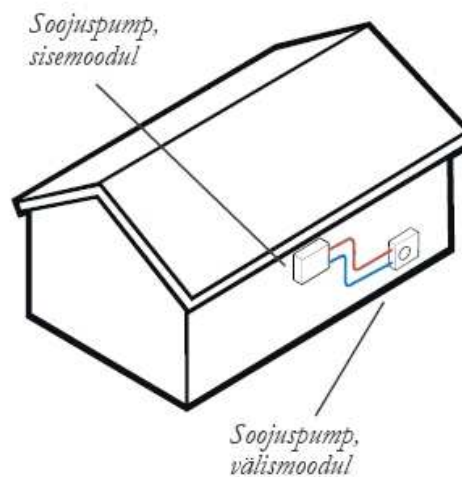
Õhksoojuspumba soojusallikaks on maja ümbritsev välisõhk või ventilatsiooniõhk, mis muundatakse soojuseks.

Õhksoojuspumba hulka kuuluvad:

- Õhk – õhk – soojuspump;
- Õhk – vesi – soojuspump;
- Väljatõmbeõhu soojuspump. [7]

Õhk – õhk – soojuspump

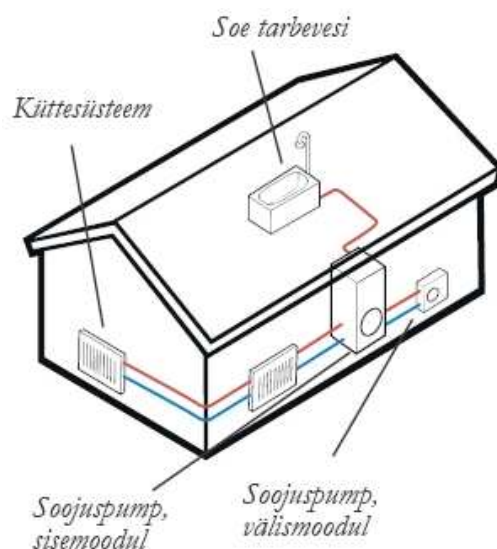
Õhk – õhk – soojuspumba soojusallikaks kasutatakse välisõhk. Soojuspump koosneb sise- ja välimoodulist, mis on ühendatud omavahel. Soojuspumba välimoodul neelab välisõhku ja annab selle edasi ruumis ringlevale õhule. Sella tüüpi soojuspumba kasutatakse ka õhu jahutamiseks (vt Joonis 2.1.2). [8]



Joonis 2.1.2 Õhk – õhk – soojuspumba põhimõtteskeem [8]

Õhk – vesi – soojuspump

Õhk – vesi – soojuspump kasutab välisõhu soojusenergiat kütte ja soetarbevee tootmiseks. Põhikomponentideks on sise- ja väliosa. Peamine eelis on maakollektori puudumine (vt Joonis 2.1.3). [9]



Joonis 2.1.3 Õhk – vesi – soojuspumba põhimõtteskeem [9]

Väljatõmbeõhu soojuspump

Eristatakse kahte tüüpi ventilatsioonisüsteeme:

- Väljatõmbeventilatsioon;
- Väljatõmbe – sisspuhke ventilatsioon.

Mõlema ventilatsioonisüsteemi korral kasutatakse ventilatsiooni kaudu lahkuva õhu soojusenergiat ja edastatakse selle soojuspumpa. Katusel paigaldatakse soojusvahetid. Väljatõmbeventilatsiooni korral liigub välisõhk ruumidesse läbi välisseintes olevate klappide. Väljatõmbe – sisspuhke ventilatsiooni korral on lisatud eraldi kanalitesüsteem puhutava värskelt õhu jaoks. [10]

2.4. Soojustegur

Soojuspumba toimimise efektiivsust iseloomustab soojustegur, ehk COP (Coefficient of Performance). [11]

Soojusteguriks COP nimetatakse soojuspumba poolt toodetud energia ja soojuspumba kompressori poolt tarbitud energia suhet. Teiste sõnadega, COP – tegur näitab, mitu korda toodab soojuspump rohkem, kui ise energiat tarbib. [12]

Hooaja soojustegur, ehk SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) - kuni 12 kW õhukonditsioneer ja õhk – õhk – soojuspumba energiamärgises toodud aasta keskmine

soojustegur, mis arvutatakse kütte netoenergiavajaduse suhtena elektrikasutusse standardtingimustel. [1]

2.5. Kaugkütteseadus

Soojuse tootmise, jaotamise ja müügi seonduvaid tegevusi kaugküttevõrgus ning võrguga liitumist reguleerib *Kaugkütteseadus, RT I, 12.07.2014, 60.*

Vastavalt kehtivale *Kaugkütteseadusele*:

- paragrahv §5, punkt 1: *„Kaugküttepiirkond on üldplaneeringu alusel kindlaksmääratud maa-ala, millel asuvate tarbijapaigaldiste varustamiseks soojusega kasutatakse kaugkütet, et tagada kindel, usaldusväärne, efektiivne, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadustele vastav soojusvarustus.“;*
- paragrahv §5, punkt 4¹: *„Kaugküttepiirkonnas võivad tarbijad lisaks kaugküttevõrgust saadavale soojusele osta ka kütusevabadest ja taastuvatest allikatest muundatud soojusenergiat selle tootjatelt.“;*
- paragrahv §2, punkt 12: *„kütusevabad taastuvad allikad on päikeseenergia ja sellest muundatud soojusenergia, tuuleenergia ja sellest muundatud soojusenergia, maasoojus ja sellest muundatud soojusenergia, kasutades selleks taastuvallikaist valmistatud elektrienergiat, hoones kasutatud ja sealt (ventilatsiooni, kanalisatsiooni jms kaudu) eralduv soojus ja sellest muundatud soojusenergia, kasutades selleks taastuvallikaist muundatud elektrienergiat.“. [13]*

Arvestades ülaltoodud seaduse väljavõtetega võib järeldada, et kaugkütetarbijate juures võib kasutada soojustagastussüsteemiga soojuspumpasid.

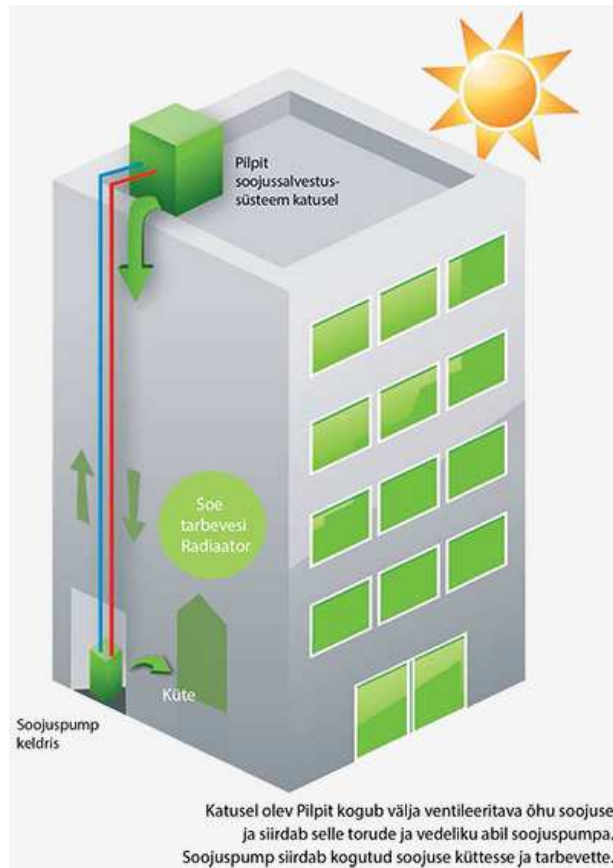
2.6. Turul pakutavate tehniliste lahenduste näidised

Tänapäevadel turul on pakutud mitmesugused tehnilised lahendused erinevate ettevõtete poolt. Nende hulka kuuluvad kaks ettevõtet, mis pakuvad soojustagastusega soojuspumpade paigaldust:

- Profener OÜ;
- Varpo Grupp OÜ;
- Movek Grup OÜ.

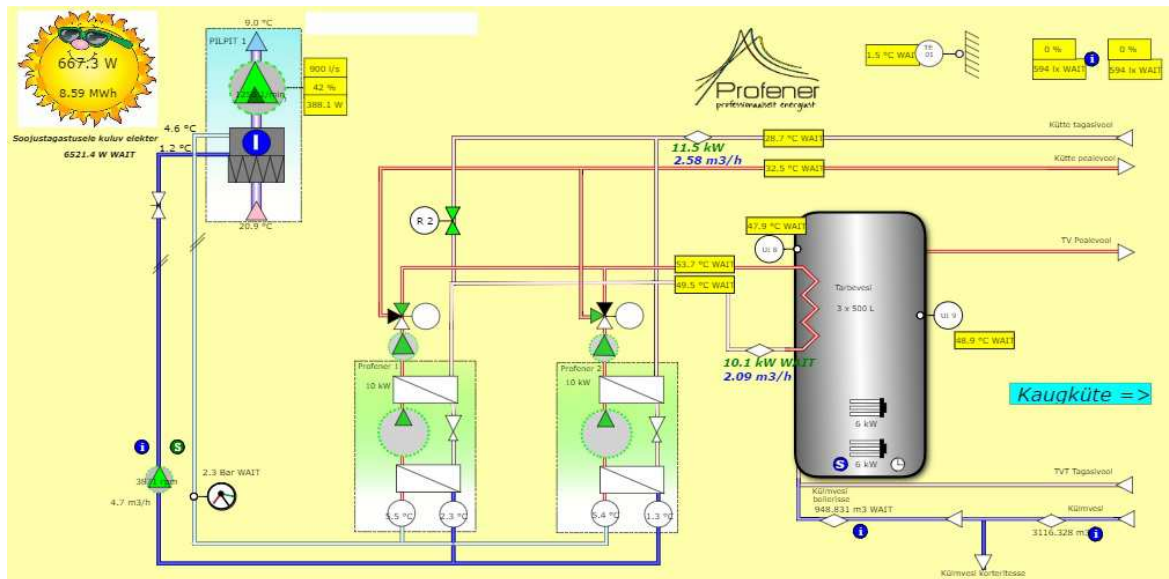
Antud ettevõtete poolt välja töötatud tehnilised lahendused on kasutusel korterelamutes, mille kohta on tehtud analüüs.

Ettevõtte Profener OÜ pakub korterelamutele terviklikku lahendust, mis sisaldab soojustagastussüsteemi, soojuspumasid ja intelligentset hooneautomaatikat. Pilpit soojustagastussüsteemi ja soojuspumpade tööpõhimõte on esitatud Joonisel 2.6.1.



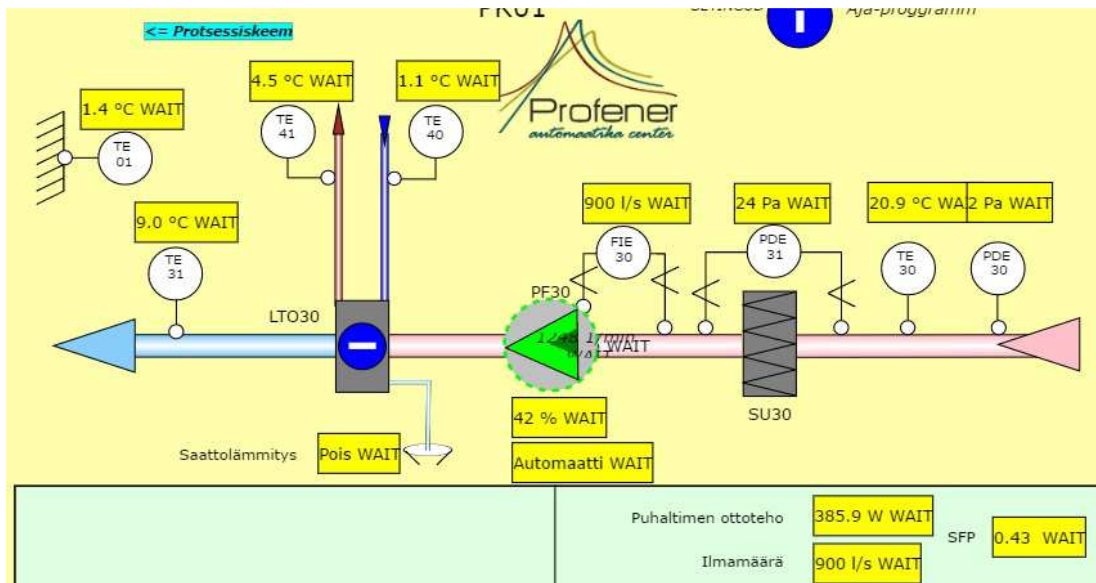
Joonis 2.6.1 Soojustagastussüsteemiga soojuspumpade tööpõhimõte

Joonisel 2.6.2 on esitatud soojustagastusega soojuspumpsüsteemi protsessiskeem, mis on võetud Ounet keskkonnast.



Joonis 2.6.2 Soojustagastusega soojuspumpsüsteemi protsessiskeem (väljavõte Ounet keskkonnast)

Pilpit soojustagastussüsteemi eesmärgiks on ventilatsiooni kaudu kaduva soojusenergia kasulik rakendamine. Kasulik rakendamine seisneb selles, et antud seade kogub lahkuva õhu soojusenergia ja edastab selle torude kaudu soojuspumba soojusvahetisse. Soojusenergia ülekandmiseks soojuspumba kasutatakse glükool-või etanoolilahust (vt Joonis 2.6.3). Pilpit omab juhtplokki, mida saab integreerida hoone automaatikasse, mis võimaldab jälgida seadme tööd ööpäevaringselt. Pilpit seade on esitatud Fotol 2.6.1. Pilpit seade sobib ka teiste süsteemidega ühendamiseks, näiteks: päikese-, maa- või kanalisatsioonisoojusega. [14]

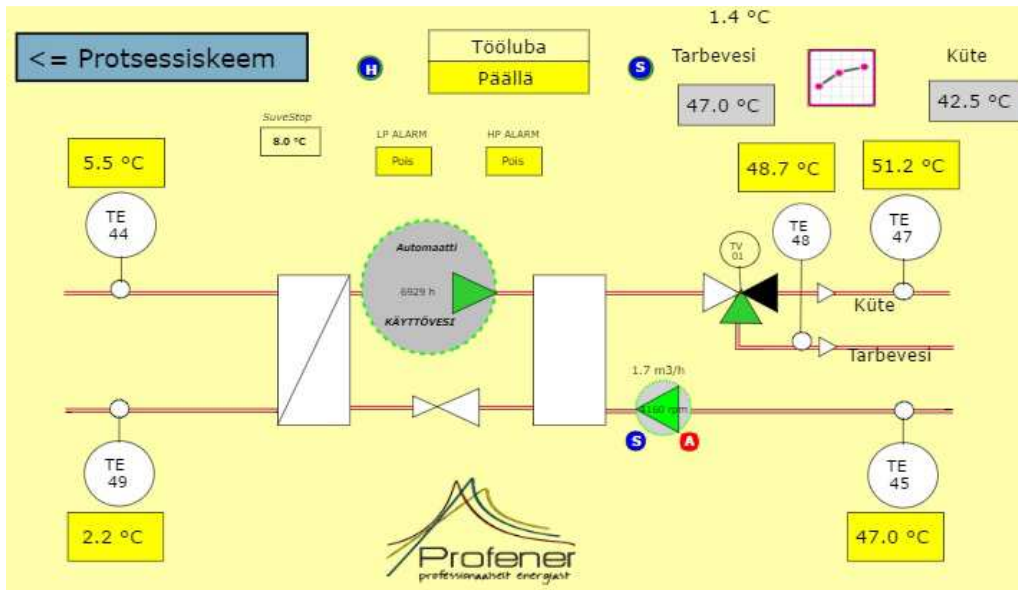


Joonis 2.6.3 Pilpit soojustagastussüsteemi struktuurskeem (väljavõte Ounet keskkonnast)



Foto 2.6.1 Pilpit soojustagastussüsteemi soojusvaheti katusel

Profener'i soojuspumpade eesmärgiks on toota kõrge soojusteguriga kütte- ja tarbevett (vt Joonis 2.6.4). Tarbevee soojendamiseks paigaldatakse ka veeboilerid. Soojuspumbad omavad ka juhtplokkke, millised integreeritakse hoone automaatikasse. Profener'i poolt pakutavad soojuspumbad on esitatud Fotol 2.6.2. Hoone automaatika annab võimalust jälgida seadmete tootlikkust reaalajas ja ööpäevaringselt. [14]



Joonis 2.6.4 Profener'i poolt pakutava soojuspumba struktuurskeem (väljavõte Ounet keskkonnast)



Foto 2.6.2 Profener'i poolt pakutavad soojuspumbad

Intelligentne hooneautomaatika eesmärgiks on kogu süsteemi haldus ja hooldus. Hooneautomaatika on internetipõhine. [14]

Joonisel 2.6.5 on esitatud süsteemi kuu aruanne, mis on võetud Ounet keskkonnast. Soojussõlme elektrikilp ja soojussõlme automaatikakilp on esitatud Fotel 2.6.3.

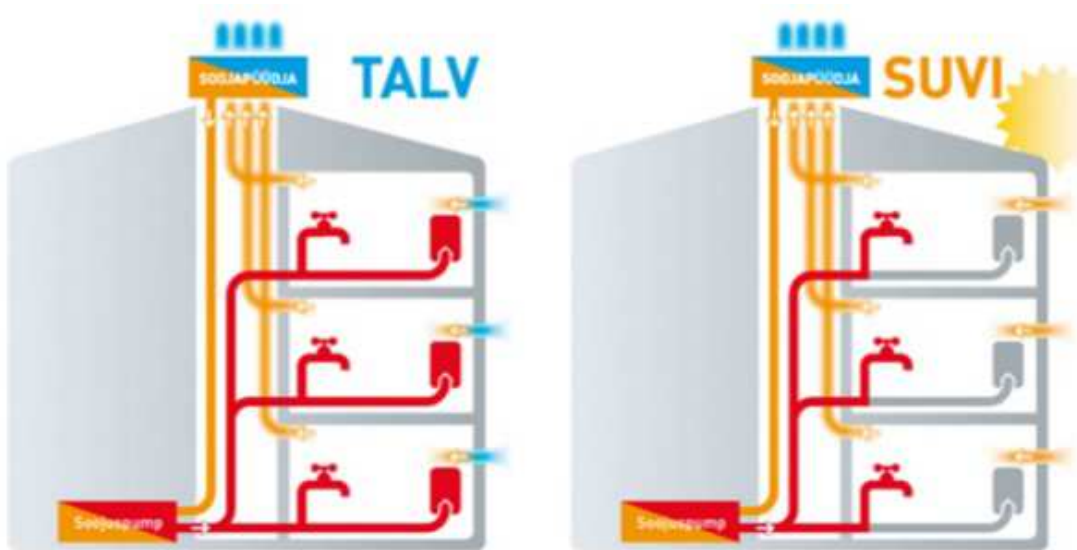
Kuu:	Tammikuu		
Arvesti näidud:	01/01/2017 00:00	01/31/2017 23:59	Süsteem
			Kokku
SP Küttesse	258.50 MWh	275.30 MWh	16.80 MWh
SP Tarbevette	284.50 MWh	295.00 MWh	10.50 MWh
Süsteemi elekter	182.80 MWh	191.96 MWh	9.16 MWh
Kaugküte	-	-	-
Vesi:			
Temperatuur sisenev			
Temperatuur ringlusse			
Vee hulk	-	-	-
Kuu energia bilanss:	-	-	100 %
Ostetud Talinna kütelt	-	-	-
SP toodang:	27.30 MWh	-	-
Oma toodang SPdega	27.30 MWh	-	100 %
Süsteemile kulutatud elekter	9.16 MWh	-	33.6 %
Energia ventilatsioonist:	18.14 MWh	-	66.4 %
Ostetud + toodetud energia	-	-	-
Energia ventilatsioonist:	18.14 MWh	-	-

Joonis 2.6.5 Ounet keskkonnast kuu aruanne



Foto 2.6.3 Soojussõlme elektrikilp (vasakpool) ja soojussõlme automaatikakilp (parempool)

Ettevõtte Varpo Grupp OÜ pakub korterelamutele tehnilist lahendust nimega „Heatcatcher“ ehk soojapüüdja. Heatcatcher'i eesmärgiks on koguda korteritest väljuva heitõhu soojusvahetisse ja edastada selle kas vahesoojuskandja või otse külmaagendiga soojuspumpa (vt Joonis 2.6.6).



Joonis 2.6.6 Heatcatcher ehk soojapüüdja tööpõhimõtte skeem [15]

Soojustagastuse seadmed paigaldatakse katusele heitõhu toru väljaviigu otsa (vt Foto 2.6.4). [15]



Foto 2.6.4 Heatcatcher'i soojustagastussüsteemi soojusvaheti katusel

Soojuspumpadena kasutatakse kas Dimplex või Gapsal soojuspumpasid (vt Foto 2.6.5).



Foto 2.6.5 Dimplex soojuspumbad

Ettevõtte Varpo Grupp OÜ ei paku internetipõhist juhtimist, kuid hoolduslepingu sõlmimisel tagab nii soojuspumpade kui ka soojusvahetite ja filtrite regulaarse kohapealset jälgimist ja hooldust.

Ettevõtte Movek Grupp OÜ pakub ka energia lokaalootmiste allikate paigaldust, sh Gapsal soojuspumbad, päikesepaneelid, spiraalkollektorid. [16]

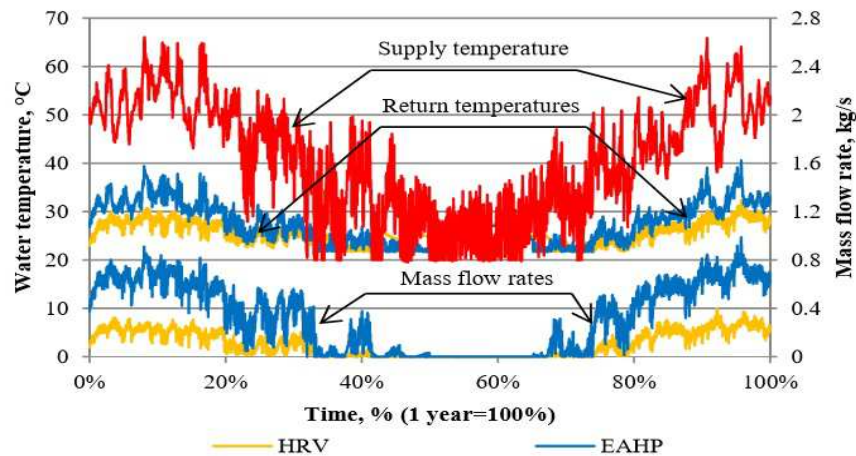
Lisaks on tehtud ka muid lahendusi – näiteks tavaline õhk – vesi – soojuspump, mille õhuvõtu juurde tuuakse ventilatsiooni heitõhu kanal. Selline lahendus ei vasta *RT I, 12.07.2014, 60 Kaugkiiteseaduse* nõuetele. Vastavalt *Kaugkiiteseadusele RT I, 12.07.2014, 60* on lubatud kasutada vaid kütusevabu taastuvaid allikaid, milleks on päikeseenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, tuuleenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, maasoojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist valmistatud elektrienergiat, hoones kasutatud ja sealt (ventilatsiooni, kanalisatsiooni jms kaudu) eralduvat soojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist muundatud elektrienergiat. [13]

3. Soojustagastussüsteemiga soojuspumpade kasutuse mõju kaugküttesüsteemi talitlusele

Energiatõhususe suurendamiseks varustatakse korterelamu soojuspumpadega. Soojuspumpade kasutus vähendab kaugküttevõrgust tarbitava soojuse kogust. Soojuse tarbimise vähendamine mõjutab negatiivselt kaugküttesüsteemi talitlust, sest tekib olukord, kui lisaks kaugküttevõrgust ostetud soojusele maja elanikud tarbivad soojust ka energia lokaaltootmise allikatest. Oma soojusallikast toodetud soojus kasutatakse esimesena, kuid selle rikke või soojuse puudujäägi korral loodetakse kaugküttele. Kuna soojuspumbad on hoone süsteemi ühendatud järjestikku kaugküttega hoonest tagastuvatele liinidele, siis lisaks mahu vähenemisele tõuseb ka kaugküttevõrku tagastuva soojuskandja temperatuuri võrreldes tavapärase olukorraga. Võrguettevõtja planeerib ja ehitab kaugküttevõrgu ja tootmiseseadmed vastavalt tarbijate koormustele ja vooluhulkadele. Soojusettevõtja tagab katlamajast väljuva soojuskandja temperatuuri vastavalt välisõhu temperatuurile. Juhul kui tarbijate seadmeid ei hooldata ja reguleerita vastavalt nõuetele, siis tarbijasüsteemid ei jahtuta soojuskandjalt piisavalt põhjustades suurema hulga kõrgema temperatuuriga soojuskandja tagastamise võrku. See tõstab soojuse kadu tagastavas torustikus ning ei võimalda efektiivselt kasutada koostootmist ning suitsugaaside kondensaatoreid. [17]

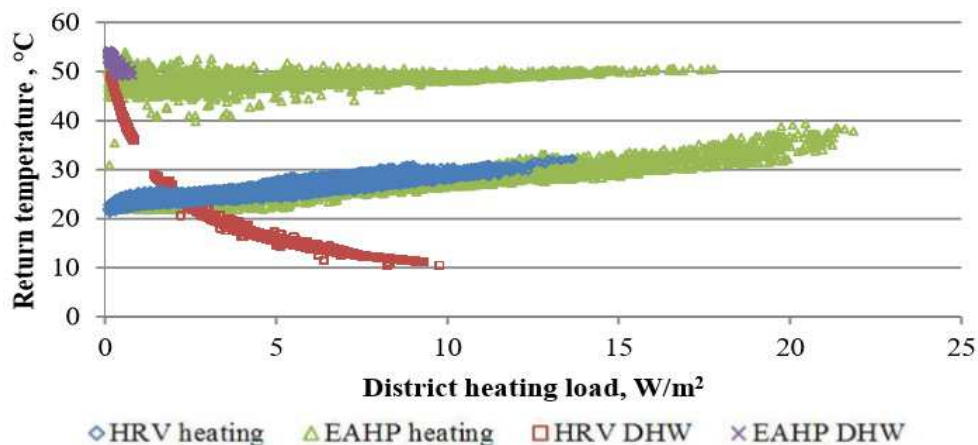
Tavaliselt koostootmisjaamade jahutussüsteem on ehitatud suletuna. Kondensaatorite jahutamiseks kasutatakse osaliselt tagastuvat soojuskandjat. Suvekuudel on reeglina jahutusvee temperatuur on kõrgem. Maksimaalselt lubatav jahutusvee temperatuur on 33°C. [18]

Soojuspumpade olemasolul tagastuva soojuskandja temperatuur on liiga kõrge. Selle tõenduseks on tehtud uuring [19], mille raames analüüsiti, kuidas mõjutab sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon soojustagastussüsteemiga (HRV) ning soojustagastussüsteemiga soojuspumbad (EAHP) kaugküttevõrgu tagastuva soojuskandja temperatuuri tõusu. Oli modelleeritud kaks stsenaariumit, mille tulemused on esitatud joonistel (Joonis 3.1 ja Joonis 3.2).



Joonis 3.1 Peale- ja tagasivoolu temperatuurid ja massivoolu kiirused vastavalt modelleeritud stsenaariumitele [19]

Tulemused Joonisel 3.1 näitavad, et suvekuudel energia lokaaltootmise allikad tõstavad tagastuva vee temperatuuri ja alandavad massivoolu kiiruseid. See on tingitud sellest, et suvel kasutatakse esimesena oma soojusallikast toodetud energiat. [19]



Joonis 3.2 Tagastuva vee temperatuuri sõltuvus kaugkütte koormusest [19]

Tulemused Joonisel 3.2 näitavad, et tagastuva vee temperatuur tõuseb, kui kaugkütte koormus 1 m^2 kohta suureneb ja soojuspump ei tooda kütet (roheline värv alumised tingmärgid). Soojuskaod soojusvõrgus ja kaugkütte koormus 1 m^2 kohta suureneb talvekuudel. Järelikult hoone soojussõlme tagastuva vee temperatuur on kõrgem, kui suvekuudel. [19]

Juhul, kui soojuspump on sisse lülitatud ja toodab kütet, siis tagastuva vee temperatuur tõuseb 20°C võrra ja ei muutu kaugkütte koormuse 1 m^2 suurenemisega (roheline värv ülemised tingmärgid). [19]

Lisaks sellele, soojuspumpade poolt toodetud soe tarbevee korral tagastuva vee temperatuur on ka kõrge ja ei muutu kaugkütte koormuse 1 m^2 suurenemisega (lilla värvi tingmärgid). [19] Kirjeldatud tulemuste põhjal võib järeldada, et soojuspumba olemasolul tagastuva vee temperatuur kõrgeneb, mille tagajärjeks on võrgu soojuskaotuse suurenemine kogu soojuse toodangus. [17]

Võrgu soojuskaotuse suurenemise probleemi üheks põhjuseks on ka energia lokaaltootmise allikate kasutamine. Selle tõenduseks on tehtud uuring [20], mille raames analüüsiti, kuidas erinevad energia lokaaltootmise allikad mõjutavad kaugküttevõrgu talitlust tekkivate soojuskadude seisukohalt. Oli modelleeritud kolm stsenaariumit. Esimese stsenaariumi kohaselt kasutati energia lokaaltootmise allikaks soojustagastusega soojuspumpasid koos kaugküttega, teise stsenaariumi kohaselt – kaugkütet koos ruumi sees põhineva soojuse taaskasutamise ventilatsiooniseadmega, kolmanda stsenaariumi kohaselt – õhk – vesi – soojuspumpa koos kaugküttega. Peamise stsenaariumi korral kasutatakse ainult kaugkütet. Kolm stsenaariumit on võrreldatud peamise stsenaariumi ja tänase olukorraga. Tulemused on näidatud Tabelis 3.1. [20]

Tabel 3.1 Stsenaariumite suhtelised soojuskaod [20]

Item	Unit	Today	Base Sc.	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Total heat production	GWh	1,981	1,557	1,162	1,403	891
Heat consumption by residential sector	GWh	1,212	788	393	634	122
Heat consumption by others	MWh	426	426	426	426	426
Absolute heat loss	MWh	343	343	343	343	343
Relative heat loss	%	17.3	22.0	29.5	24.4	38.5

Joonisel 3.3 esitatud tulemuste põhjal võib järeldada, et energia lokaaltootmise allikad suurendavad võrgukadude osakaalu. [20]

Soojuspumpade kasutuse levimisega jääb kaugküttesüsteem kandma ainult talvist tippkoormust, mis muudab kaugküttesüsteemi pikemas perspektiivis ebaefektiivseks. Kui kaugkütte soojust toodetakse koostootmisjaamas, mille töö põhineb elektri- ja soojusvajadusel, siis vähenenud suvine soojuse tarbimine ja suurenenud elektri tarbimine ei vähenda kütuste ressurside tarbimist koostootmisjaamas. Sellel põhjusel ei vähenda kohapealne soojuse tootmine soojuspumpadega riigi primaarenergia tarbimist, vaid suurendab süsinikdioksiidi (CO_2) heitkoguste osakaalu. [17]

Eelnimetatud uuringu [20] käigus analüüsiti, kuidas energia lokaaltootmise allikate kasutamine mõjutab süsinikdioksiidi (CO₂) heitkoguste tekkimist. Oli kasutatud eelkirjeldatud kolm stsenaariumit. Saadud tulemused on esitatud Tabelis 3.2.

Tabel 3.2 Erinevate stsenaariumitel süsinikdioksiidi (CO₂) heitkoguste tekkimine [20]

Item	Unit	Base scenario	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3
Consumption of district heating	MWh/y	393	196	316	62
DH Primary energy	MWh/y	509	254	408	80
Consumption of electricity	MWh/y	0	74	0	140
Electricity primary energy	MWh/y	0	228	0	430
DH CO ₂ emission	t/y	109	55	88	17
Electricity CO ₂ emission	t/y	0	81	0	152
Total primary energy	MWh/y	509	482	408	510
Total CO ₂ emission	t/y	109	135	88	169

Tabelist 3.2 on näha, et stsenaariumi 2 kohaselt tekib kõige vähem süsinikdioksiidi heitkogused. Meeldetuletamiseks, teise stsenaariumi kohaselt kasutati soojusenergia peallikana kaugkütet ja soojusenergia lisaallikana ruumi sees põhinevat soojuse taaskasutamisel ventilatsiooniseadet. Kõige rohkem tekib süsinikdioksiidi heitkoguseid kolmanda stsenaariumi kohaselt, mis eeldab õhk – vesi – soojuspumba kasutamist koos kaugküttega. Soojustagastusega soojuspumba kasutamine soojusenergia lisaallikana (esimene stsenaarium) tekitab CO₂ heitkoguseid vähem kui kolmandas stsenaariumis, vaid rohkem, kui peamise stsenaariumi kohaselt, kus soojusenergia allikana kasutatakse ainult kaugkütet. [20]

4. Euroopa Liidu energiapoliitika ja Eesti pikaajalise energiamajanduse arengukava ENMAK 2030+

Euroopa Liidu energiapoliitika põhineb energiaturu integreerimisel, energiavarustuse kindlusel ja energiasektori säästvusel. Selle täitmiseks püstitatakse konkreetsed eesmärgid ja nende saavutamiseks meetmed, milliseid kirjeldatakse Euroopa Parlamendi ja Nõukogu poolt sätestatud direktiivides. [21]

Hoonete Energiatõhususe direktiivi 2010/31/EL eesmärkideks 2020. aastaks:

- 31. detsembriks on kõik uued hooned liginullenergiahooned;
- pärast 31. detsembrit 2018 on uusehitised, mida kasutavad ja omavad riigiasutused, liginullenergiahooned.

Hoonete energiakulud moodustavad 40% Euroopa Liidu energia kogutarbimisest. Suurendades liginullenergiahoonete arvu, väheneb primaarenergiatarbimine ja suureneb energiatohusus. [4]

Energiatõhususe direktiivi 2012/27/EL eesmärkideks 2020. aastaks:

- suurendada:
 - energiatohusust 20% võrra Euroopa Liidu piires.
- vähendada:
 - primaarenergiatarbimist 20% võrra. [22]

Taastuvenergia direktiivi 2009/28 EÜ eesmärkideks 2020. aastaks:

- suurendada taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu üldises energiatarbimises 20 % - ni.

Iga liikmesriigi jaoks on kehtestatud eraldi riiklik eesmärk seoses taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu suurenemisega. Eesti riigile ette määratud eesmärk on suurendada taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu lõpptarbimises 25% võrra aastaks 2020. [23]

Püstitatud eesmärkide täitmiseks liikmesriigid kehtestavad riiklikud kavad. Eestis seda kava nimetatakse Eesti pikaajalise energiamajanduse arengukavaks ehk ENMAK 2030+. Eesti

pikaajalise energiamajanduse arengukava väljatöötamise raames on koostatud iga majandusharu kohta (energiamajandus) stsenaariumid. Kõigi soojusmajanduse stsenaariumite eesmärgiks on tagada soojusvarustus majanduslikult kõige efektiivsemal ja keskkonnasõbralikumal moel vastavalt valitud hoonete stsenaariumitele tagamaks sotsiaalmajandusliku- ja elukeskkonna paranemine. On koostatud kolm soojusmajanduse stsenaariumit:

- kaugküte;
- reaalne;
- energiaühistud.

Kõikide stsenaariumite koostisosadeks on:

- Riigi poolne sekkumine;
- Muudatused soojuse tootmis- ja jaotusprotsessides;
- Energiaühistute loomine / osakaalu suurenemine;
- Renoveeritud hoonete osakaalu suurenemine vastavalt ette nähtud stsenaariumis kaalutud energiaerikasutuse (KEK) väärtusele.

Kaugkütte stsenaariumi korral suureneb renoveeritud hoonete osakaal järgmiselt:

- väikeelamud: 10% - 1 KEK = E;
- kortermajad: 15% - 1 KEK = E;
- mitteelamud: 10% - 1 KEK = D.

Uued hooned ehitatakse vastavalt *Energiatõhususe direktiivile 2012/27/EL*.

Reaalne stsenaariumi korral suureneb renoveeritud hoonete osakaal järgmiselt:

- väikeelamud: 20% - 1 KEK = vastavalt C või D;
- kortermajad: 30% - 1 KEK = C;
- mitteelamud: 15% - 1 KEK = C.

Uued hooned ehitatakse vastavalt *Energiatõhususe direktiivile 2012/27/EL*.

Stsenaariumi „Energiaühistud“ korral suureneb renoveeritud hoonete osakaal järgmiselt:

- väikeelamud: 40% - 1 KEK = vastavalt C või D;
- kortermajad: 50% - 1 KEK = C;
- mitteelamud: 20% - 1 KEK = C.

Uued hooned ehitatakse vastavalt *Energiatõhususe direktiivile 2012/27/EL*. [24]

Hoonete energiatõhususe suurendamiseks osutab riik korterelamutele rekonstrueerimistoetust, mille suurus sõltub selle korterelamu rekonstrueerimise terviklikkuse tasemest.

15% või Ida – Viruma maakonnas paikneva korterelamu puhul 25% osakaaluga rekonstrueerimistoetuse korral peab olema:

- vähemalt saavutatud energiatõhususarvu klass E ($181 \leq \text{ETA}$ või $\text{KEK} \leq 220$);
- tagatud ventilatsiooni vastavalt sisekliima standardi II klassi nõuetele või vastavalt *Majandus- ja Taristuministri määruses nr 23 „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused“* esitatud nõuetele (§13, p 5).
- saavutatud korterelamu rekonstrueerimisega vähemalt 20%-lise arvutusliku energiasäästu soojusenergia tarbimiselt.

25% või Ida – Viruma maakonnas paikneva korterelamu puhul 35% osakaaluga rekonstrueerimistoetuse korral peab:

- olema vähemalt saavutatud energiatõhususarvu klass D ($151 \leq \text{ETA}$ või $\text{KEK} \leq 180$);
- olema rekonstrueeritud korterelamu keskküttesüsteemi vähemalt korteripõhiselt reguleeritavana ja paigaldatud radiaatoritele piirajatega varustatud termostaatventiilid, mis võimaldaks reguleerida ruumi temperatuuri vahemikus 18–23 kraadi;
- olema soojustatud ja rekonstrueeritud korterelamu välisseinad täies mahus kaalutud keskmise soojuslähivuse tasemega $U \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- olema vahetatud kõik projekti alustamise hetkel vahetamata aknad kolmekordse klaaspaketiga energiasäästlike akende vastu, mille avatäite kompleksne soojuslähivuse tase paigaldatuna on $U \leq 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ või olema korterelamu kõik aknad eelnevalt vahetanud soojapidavamate akende vastu. Aknad, mille vahetamata jätmine ei mõjuta hoone energiakulu, võib jätta vahetamata;
- soojustatud ja rekonstrueeritud korterelamu katuse soojuslähivuse tasemega $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- olema tagatud ventilatsiooni vastavalt sisekliima standardi II klassi nõuetele või vastavalt *Majandus- ja Taristuministri määruses nr 23 „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused“* esitatud nõuetele (§13, p 7).

35% / 40% või Ida – Viruma maakonnas paikneva korterelamu puhul 50% osakaaluga rekonstrueerimistoetuse korral peab:

- olema vähemalt saavutatud energiatõhususarvu klass C ($121 \leq \text{ET}$ või $\text{KEK} \leq 150$);

- olema rekonstrueeritud korterelamu keskküttesüsteemi vähemalt korteripõhiselt reguleeritavana ja paigaldatud radiaatoritele piirajatega varustatud termostaatventiilid, mis võimaldaks reguleerida ruumi temperatuuri vahemikus 18–23 kraadi;
- olema soojustatud ja rekonstrueeritud korterelamu välisseinad täies mahus kaalutud keskmise soojuslähivuse tasemega $U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- olema vahetatud kõik projekti alustamise hetkel vahetamata aknad kolmekordse klaaspaketiga energiasäästlike akende vastu, mille avatäite kompleksne soojuslähivuse tase paigaldatuna on $U \leq 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ning paigaldatud kõik aknad soojustuse tasapinda või lisasoojustama aknapaled. Soojustuse tasapinda paigaldamise või aknapaledel lisasoojustamise tulemusena peab välisseina ja akna liitekoha arvutuslik keskmine joonsoojuslähivus olema $\leq 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Aknad, mille vahetamata jätmine ei mõjuta hoone energiakulu, võib jätta vahetamata;
- olema soojustatud ja rekonstrueeritud korterelamu katuse (soojuslähivuse tase $U \leq 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$);
- olema paigaldatud korterelamusse 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;
- olema tagatud ventilatsiooni vastavalt sisekliima standardi II klassi nõuetele või vastavalt *Majandus- ja Taristuministri määruses nr 23 „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused“* esitatud nõuetele (§13, p 9). [25]

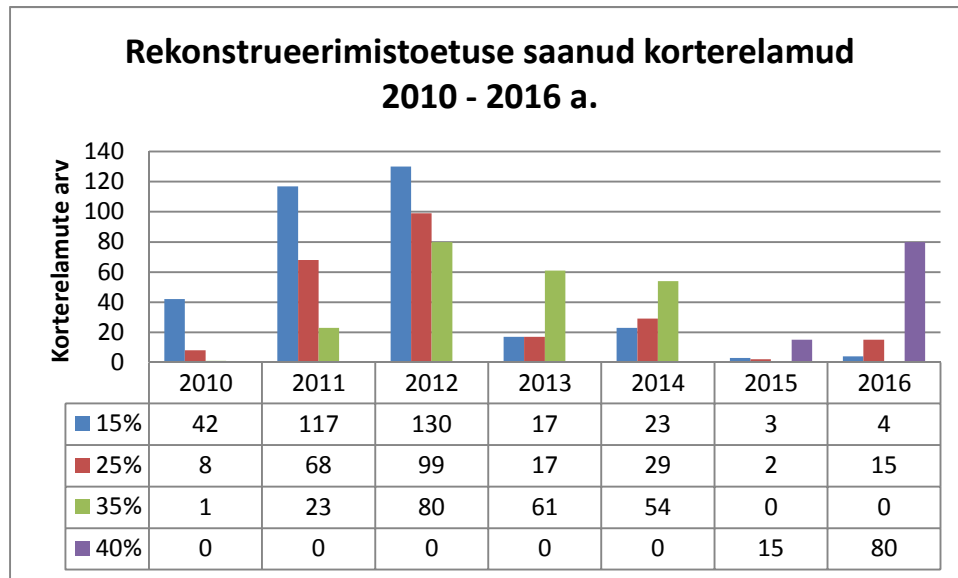
SA KredEx andmete alusel 01.2010 – 03.2017 on saanud renoveerimistoetused 913 korterelamut erinevates ulatustes.

Tabel 4.1 Rekonstrueerimistoetuse saanud korterelamud 2010 – 2017 märts

Aasta	15%	25%	35%	40%	Kokku aasta toetused
2010	42	8	1	0	51
2011	118	67	23	0	208
2012	130	99	80	0	309
2013	17	18	60	0	95
2014	23	29	54	0	106
2015	3	2	0	15	20
2016	4	15	0	80	99
2017 (jaanuar - märts)	0	2	0	23	25
Kokku toetused 2010 – 2017 (märts)	337	240	336		913

Tabel 4.2 Kortere lamu rekonstrueerimistoetuse eeldav energiatõhususe parnemine

Rekonstrueerimistoetuse suurus	15%	25%	35%	40%
Kokku toetused 2010 – 2017 (märts)	337	240	336	
Energiamärgise klass	E	D	C	
ETA väärtus (kWh/(m ² ·a))	≤220	≤180	≤150	



Graafik 4.1 Rekonstrueerimistoetuse saanud korterelamud 2010 – 2016 a.

03.2017 a. seisuga renoveerimistoetuse minimaalne 15% ja maksimaalne 35% / 40% suurus on peaaegu võrdsed. Vaadeldava perioodi algupoolel rohkem taotleti renoveerimistoetusi 15% või 25% ulatuses, mille eesmärgiks oli energiamärgise klassile „E“ ja „D“ saavutamine. Vaadeldava perioodi keskpaigast alates tendents on muutunud. Rohkem taotletakse maksimaalset renoveerimistoetust, mis vastab energiamärgise klassile „C“. [26]

5. Korterelamu renoveerimise mõju analüüs

kaugküttesüsteemi talitlusele

5.1. Üldist

Töö eesmärgiks on uurida konkreetsetel, aga töös anonüümsetel näidetel korterelamute renoveerimise terviklikkuse ja soojuspumpade tootlikkuse mõju kaugküttesüsteemi talitlusele, silmas pidades riigipoolset energiapolitiikat.

Analüüsi käigus arvutatakse:

- korterelamute soojustamise osakaalu soojuse tarbimise vähenemises;
- soojuspumpade poolt toodetud soojusenergia osakaalu elamu vajalikust soojusest;
- soojustegureid COP ja SCOP;
- kaugküttevõrgust suve-ja talvekuudel tarbitud soojuse osakaalu lisaks soojuspumpade poolt toodetud soojusele;
- korterelamute renoveerimisjärgsed kaalutud energiaerikasutuse (KEK) väärtusi;
- soojuskandja jahtumise näitajaid (dT) enne ja peale soojuspumpade paigaldust;
- enne ja peale soojuspumba paigaldust tarbitava soojuskandja mahu võrdlusanalüüs.

5.2. Analüüsi tegemiseks vajalikud andmed

Analüüs põhineb 11 korterelamu poolt esitatud andmetel. Kuna korterelamute aadressid jäävad anonüümseteks, siis antakse igale kortermajale omaette märgis.

Tabel 5.2.1 Korterelamute nummeratsioon

Korterelamu järjekorranumber	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI	XII
Korterelamu tähis	H3	H4	H5	H7	T1	T3	T4	T5	T9	T10	T12

Kasutatud nummeratsioonis tähte tähendab korterelamu asukohta (H – Harjumaa, T – Tallinn), numbrit – korterelamu järjekorranumbrit antud analüüsis.

Analüüsi teostamiseks on küsitud korteriühistute esindajatelt järgmised andmed:

- soojuspumpade toodangud (soe tarbevesi ja küte);
- selle süsteemi poolt tarbitud elekter;
- kaugküttevõrgust tarbitud soojusenergia;

- kaugküttevõrgust tarbitud soojuskandja mahud;
- päikesepaneelide või päikesekollektorite olemasolul toodetud energia;
- gaasiühenduse olemasolul ka gaasi tarbimise kogused.

Korterelamute üldtehnilised andmed (Lisa 1) ja normaalaasta välisõhu temperatuuri andmed (Lisa 2) on esitatud jaos „Lisad“. [27]

5.3. Analüüs

Analüüsi raames esitatud andmete alusel on tehtud:

- iga korterelamu kohta energiabilanss ja KEK parameetri arvutused;
- soojuskandja temperatuuride vahe (dT) võrdlus enne ja peale soojuspumpade paigaldust ning peale- ja tagasivoolu temperatuuride võrdlus aasta lõikes;
- enne ja peale soojuspumpade paigaldust tarbitava soojuskandja mahu võrdlusanalüüs.

Korterelamute energiabilansside illustreerimiseks on kasutatud juhendaja poolt koostatud arvuti mudelit.

Korterelamu energiabilanssid

Analüüsi raames esitatud andmete alusel on tehtud iga korterelamu kohta energiabilanss.

Energiabilanss – elamu energia kasutuse analüüsi tulemusena saadav tarnitud energia ja energiavajaduse tasakaal. Energiabilansis kajastatakse elamu energia kadude jaotust sisekliima tagamiseks (kütmiseks, jahutamiseks, ventilatsiooniks ja valgustuseks), tarbevee soojendamiseks, tehnosüsteemide ja elektriseadmete kasutamiseks ning energiaallikate jaotuskadude kompenseerimiseks. [28]

Energiabilanssi koostamisel on taandatud normaalaasta välisõhu temperatuurile soojuspumpade poolt toodetud ja kaugküttevõrgust tarbitud soojuse kogused. Tarbitud soojuse koguse normaliseerimisprotsessi põhimõte:

- 1 tehe: tasakaalutemperatuurist on lahutatud antud kuu tegelik välisõhu temperatuur;
- 2 tehe: tasakaalutemperatuurist on lahutatud antud kuu normaalaasta välisõhu temperatuur;
- 3 tehe: esimese tehte tulemus on jagatud teise tehte tulemusega. [29]

Kuna andmed on kogutud kuude kaupa, siis normaalaasta välisõhu temperatuurile on taandatud nn talvekuude (oktoober – aprill) soojuse tarbimise andmed. Nn suvekuude (mai –

september) soojuste tarbimise andmeid pole taandatud, sest põhiline küttevajadus on perioodil oktoobrist aprillini.

Sooja vee tarbimise kogusena on võetud suvekuudel tarbitud soojuste keskmised väärtused, mida on arvestatud kõikidel kuudel võrdselt.

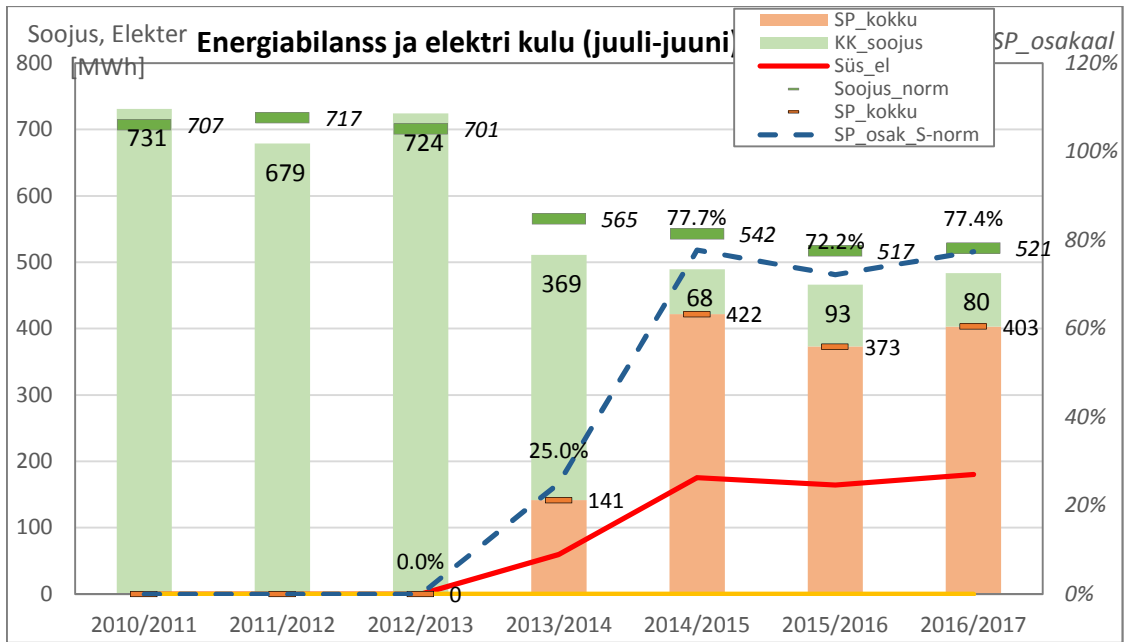
Andmete normaliseerimise järgselt on tehtud graafikud, mis näitavad korterelamute soojustamise osakaalu soojuste tarbimise vähenemises, ventilatsiooniõhu soojuspumpade poolt toodetud soojusenergia osakaalu elamu vajalikust soojustest, kaugküttevõrgust suve- ja talvekuudel tarbitud soojuste osakaalu, soojustegureid COP ja SCOP.

Järgnevalt on toodud korterelamute energiabilansid ja soojuspumba elektrikulu graafiliselt, nii kütteperioodide kui ka kuude lõikes. Kütteperioodide lõikes toodud graafikult on näha soojustamise mõju ning soojuspumba tootmismahd ja selle osakaal juhul kui oleks olnud normaalaasta, samuti soojuspumbasüsteemi elektri kulu. Kuude lõikes toodud graafikutelt on näha soojuspumba tootlikkust suve- ja talvekuudel, soojusteguri COP väärtust, süsteemi elektrikulu.

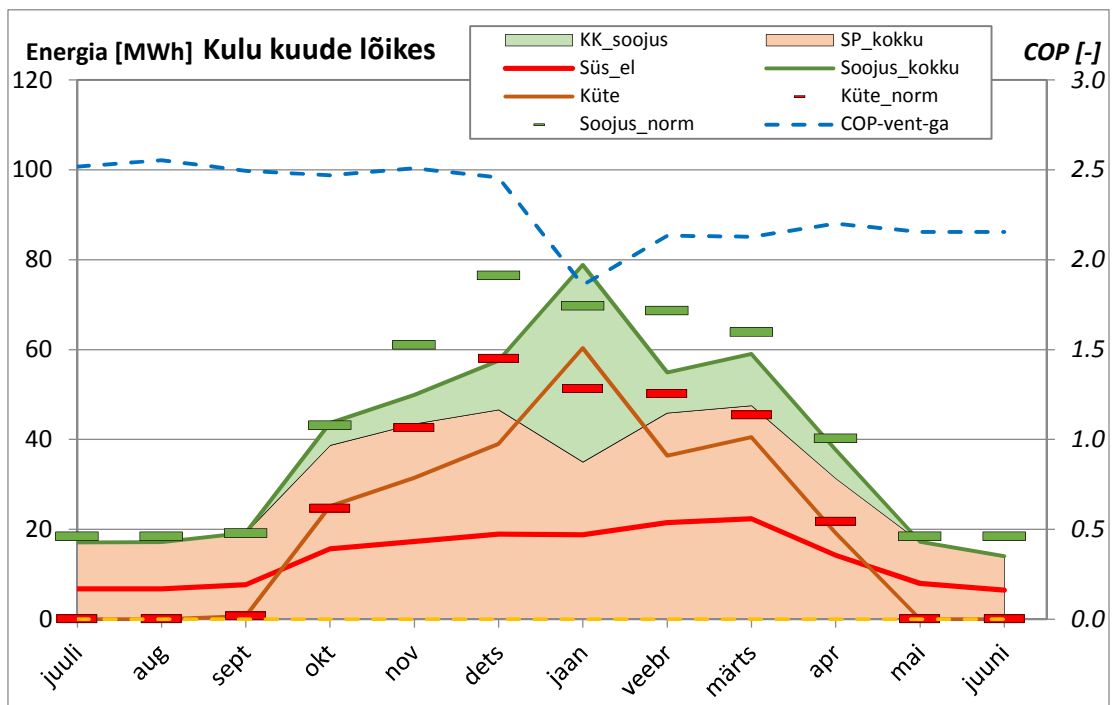
Korterelamu H3:

On kasutusel õhk – vesi – soojuspumbad, mille juurde on toodud ka ventilatsiooniõhu torustik. Kuna selle lahenduse puhul ei ole tegemist suletud ventilatsiooniõhu soojuspumbaga vaid see võib vabalt soojusallikana kasutada välisõhku siis ei vasta see lahendus *Kaugkütteseadusele RT I, 12.07.2014, 60* nõuetele. Vastavalt *Kaugkütteseadusele RT I, 12.07.2014, 60* on lubatud kasutada vaid kütusevabu taastuvaid allikaid, milleks on päikeseenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, tuuleenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, maasoojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist valmistatud elektrienergiat, hoones kasutatud ja sealt (ventilatsiooni, kanalisatsiooni jms kaudu) eralduvat soojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist muundatud elektrienergiat. [13]

Renoveerimise lõpp on 01.02.2014. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett, aga nende osakaalud pole jälgitavad.



Graafik 5.3.1 Korterelamu H3 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.2 Korterelamu H3 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.2 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse sooja tarbevett täismahus, talvekuudel soojuspumba prioriteediks on kütte vajaduse katmine, kuid toodetakse ka sooja tarbevett. Soojuse puudujäägi korral tarbitakse kaugküttevõrgust, aga nagu näitavad

tulemused tarbitud soojusega kaetakse sooja tarbevee puudujääki, külmemadel kuudel – ka kütte vajaduse puudujääki.

Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

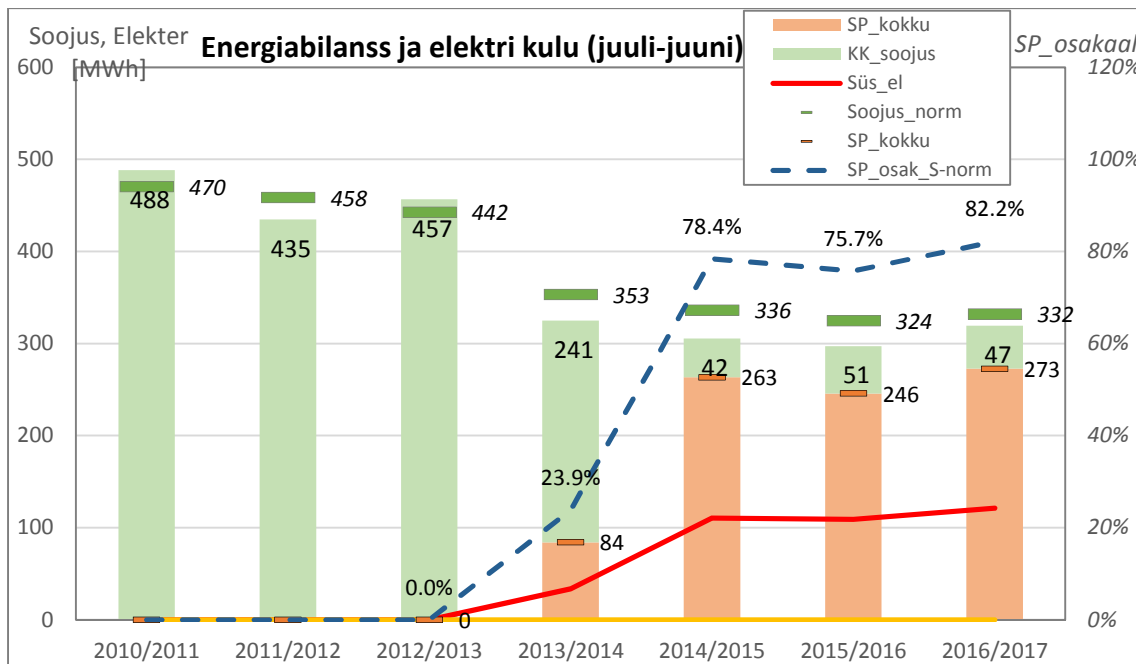
Tabel 5.3.1 Kortere lamu H3 energiabilansi 2014 – 2017 a. tulemused

Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	99,4%	79%
Kaugkütte osakaal	0,6%	21%
COP	2,38	2,31
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,34	
Soojustamise mõju	-24%	

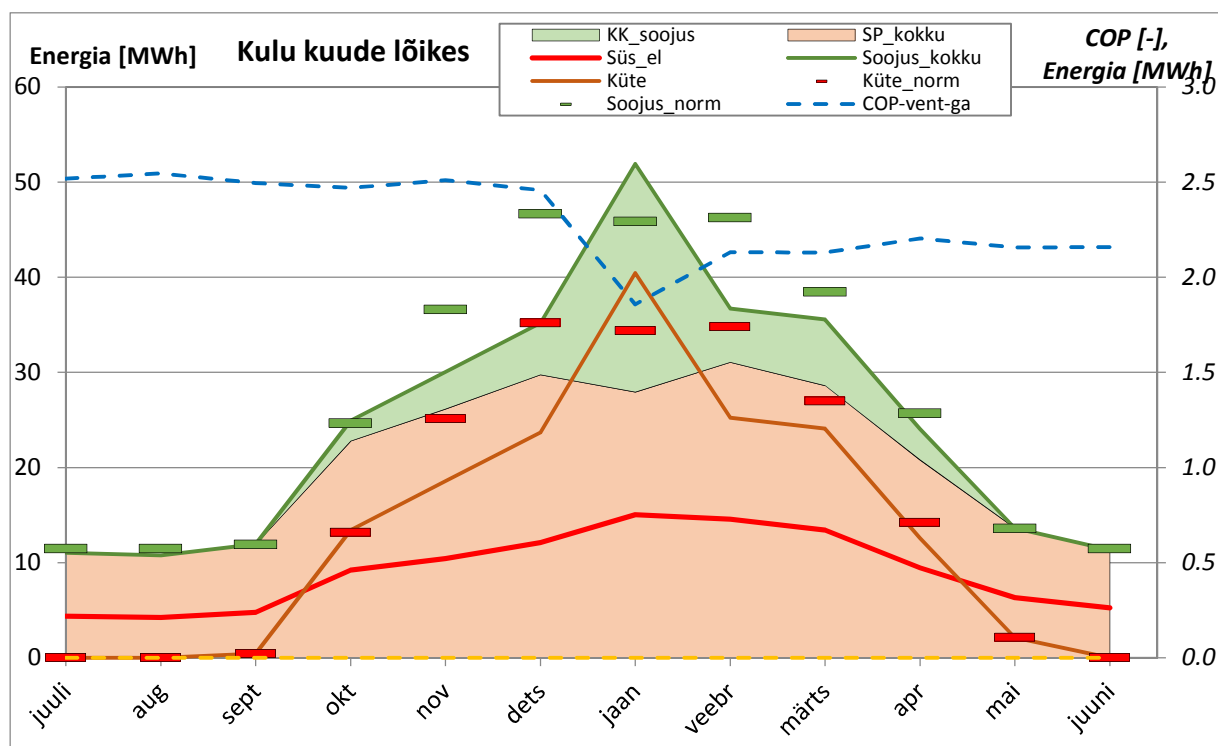
Kortere lamu H4:

On kasutusel õhk – vesi – soojuspumbad, mille juurde on toodud ka ventilatsiooniõhu torustik. Kuna selle lahenduse puhul ei ole tegemist suletud ventilatsiooniõhu soojuspumbaga vaid see võib vabalt soojusallikana kasutada välisõhku siis ei vasta see lahendus *Kaugkütteseadusele RT I, 12.07.2014, 60* nõuetele. Vastavalt *Kaugkütteseadusele RT I, 12.07.2014, 60* on lubatud kasutada vaid kütusevabu taastuvaid allikaid, milleks on päikeseenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, tuuleenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, maasoojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist valmistatud elektrienergiat, hoones kasutatud ja sealt (ventilatsiooni, kanalisatsiooni jms kaudu) eralduvat soojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist muundatud elektrienergiat. [13]

Renoveerimise lõpp 01.02.2014. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett, aga nende osakaalud pole jälgitavad.



Graafik 5.3.3 Korterelamu H4 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.4 Korterelamu H4 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.4 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse sooja tarbevett täismahus, talvekuudel soojuspumba prioriteediks on kütte vajaduse katmine, kuid toodetakse

ka sooja tarbevett. Soojuse puudujäägi korral tarbitakse kaugküttevõrgust, aga nagu näitavad tulemused tarbitud soojusega kaetakse sooja tarbevee puudujääki, külmemadel kuudel – ka kütte vajaduse puudujääki.

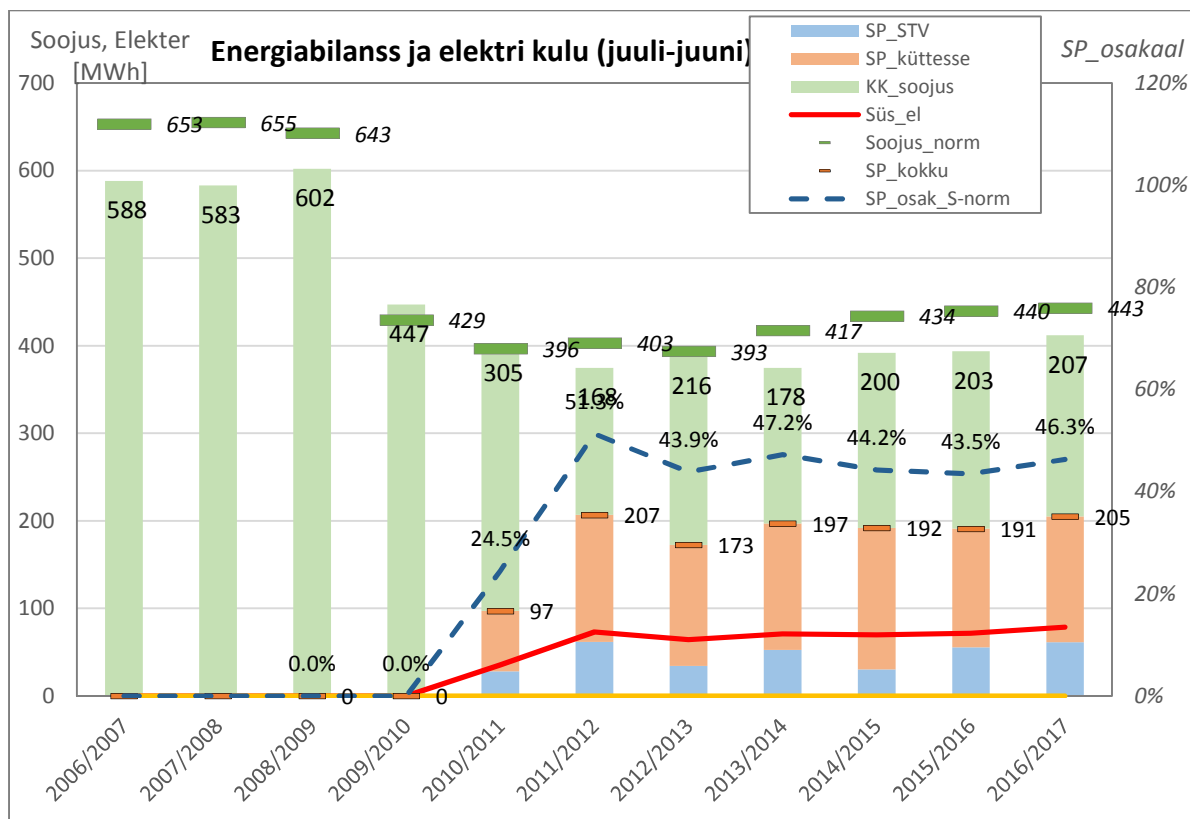
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.2 Korterehamu H4 energiabilansi 2014 – 2017 a. tulemused

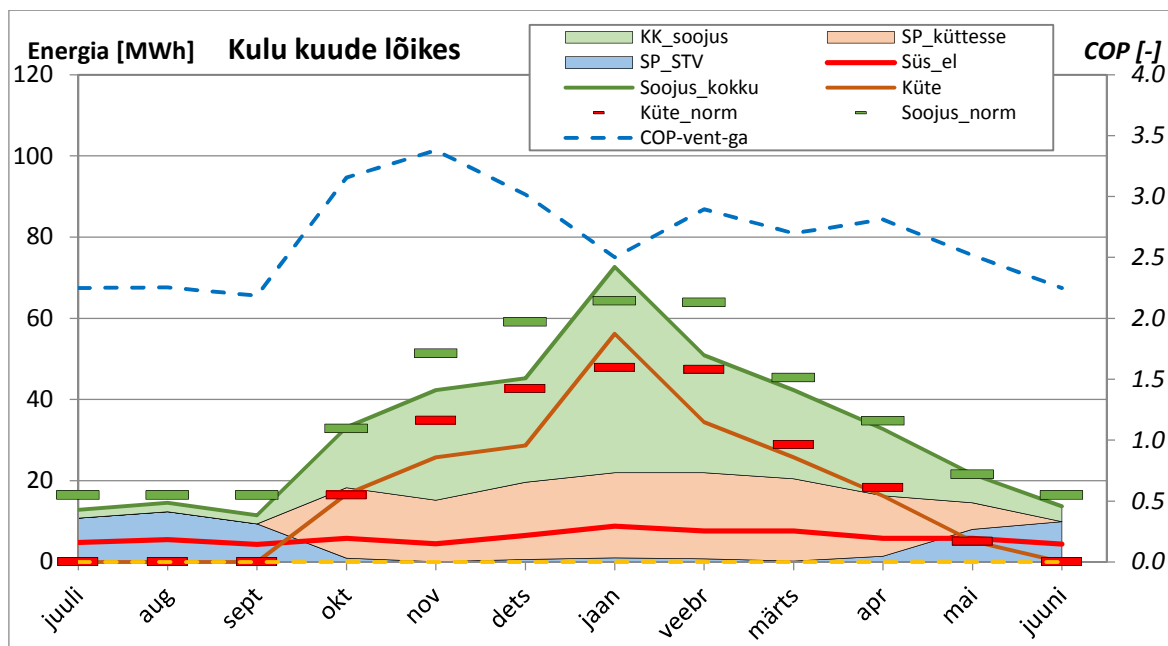
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	99,7%	80%
Kaugkütte osakaal	0,3%	20%
COP	2,42	2,32
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,36	
Soojustamise mõju	-26%	

Korterehamu H5:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumbad. Renoveerimise lõpp 31.12.2010. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett.



Graafik 5.3.5 Korterehamu H5 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.6 Kortterelamu H5 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.6 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse osaliselt sooja tarbevett, osaliselt tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumpadega kaetakse osaliselt kütte vajadust ja ei toodeta sooja tarbevett üldse. Soojuse puudujääki kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega.

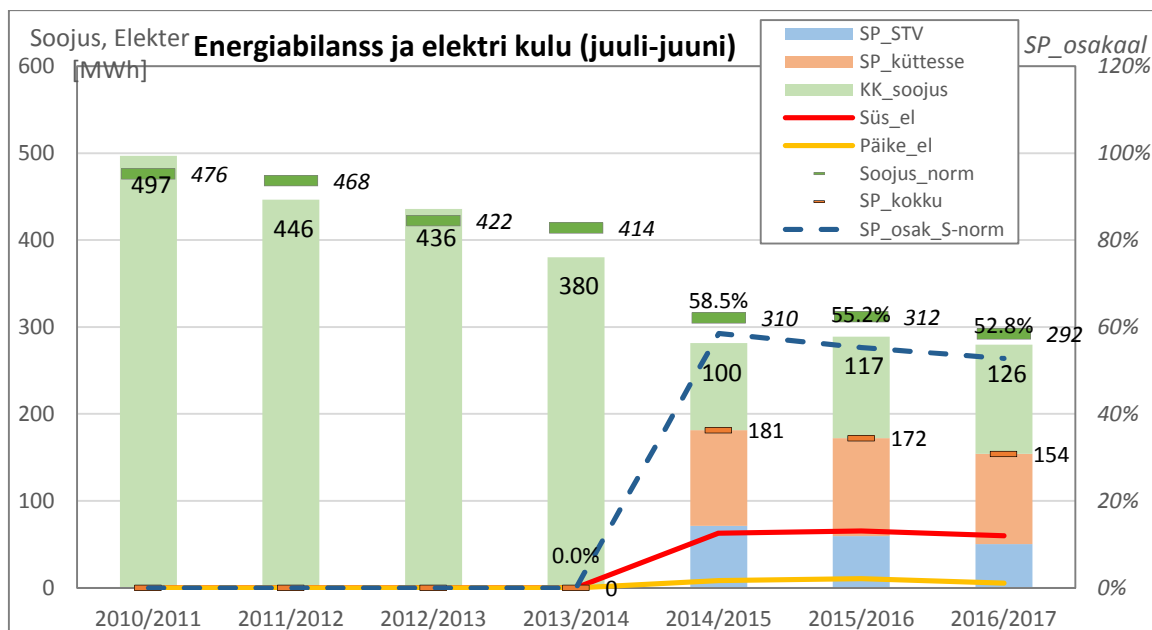
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.3 Kortterelamu H5 energiabilansi 2011 – 2016 a. tulemused

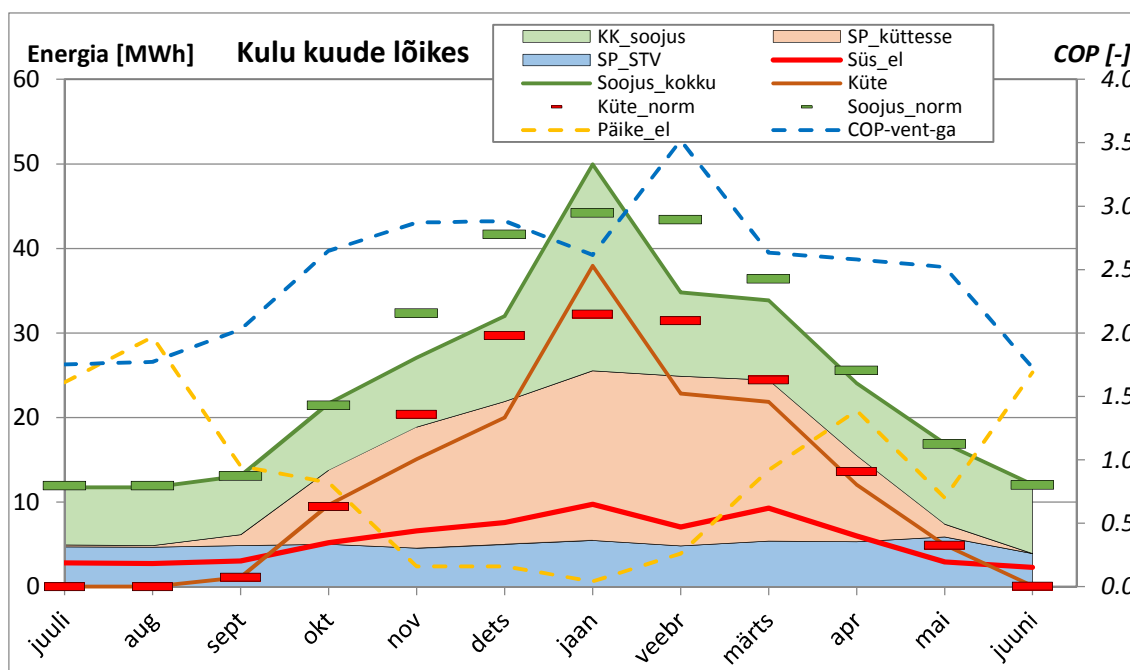
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	72,2%	46,4%
Kaugkütte osakaal	27,8%	53,6%
COP	2,39	2,9
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,68	
Soojustamise mõju	-35%	

Kortterelamu H7:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumpad. Lisaks on kohapealseks elektri tootmiseks paigaldatud päikesepaneelid. Renoveerimise lõpp 09.07.2014. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet kui ka sooja tarbevett.



Graafik 5.3.7 Korterelamu H7 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.8 Korterelamu H7 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.8 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse väiksemas osas sooja tarbevett, suuremas osas tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumpadega kaetakse osaliselt kütte vajadust ja toodetakse ka osaliselt sooja tarbevett. Soojuse puudujääki kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega aastaringelt. Toodetakse päikesepaneelidega elektrit.

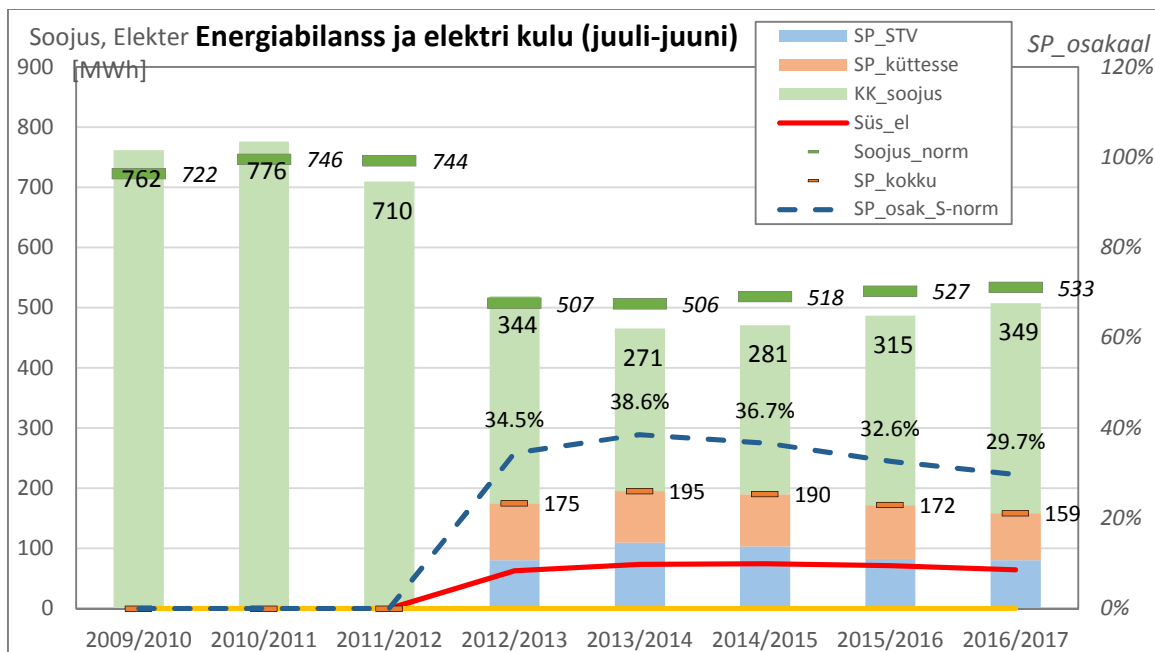
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused. Päikesepaneelide elektritoodang on keskmiselt 10,67MWh aastas, mis on umbes 16,4% soojuspumba elektrivajadusest.

Tabel 5.3.4 Korterehamu H7 energiabilansi 2014 – 2017 a. Tulemused

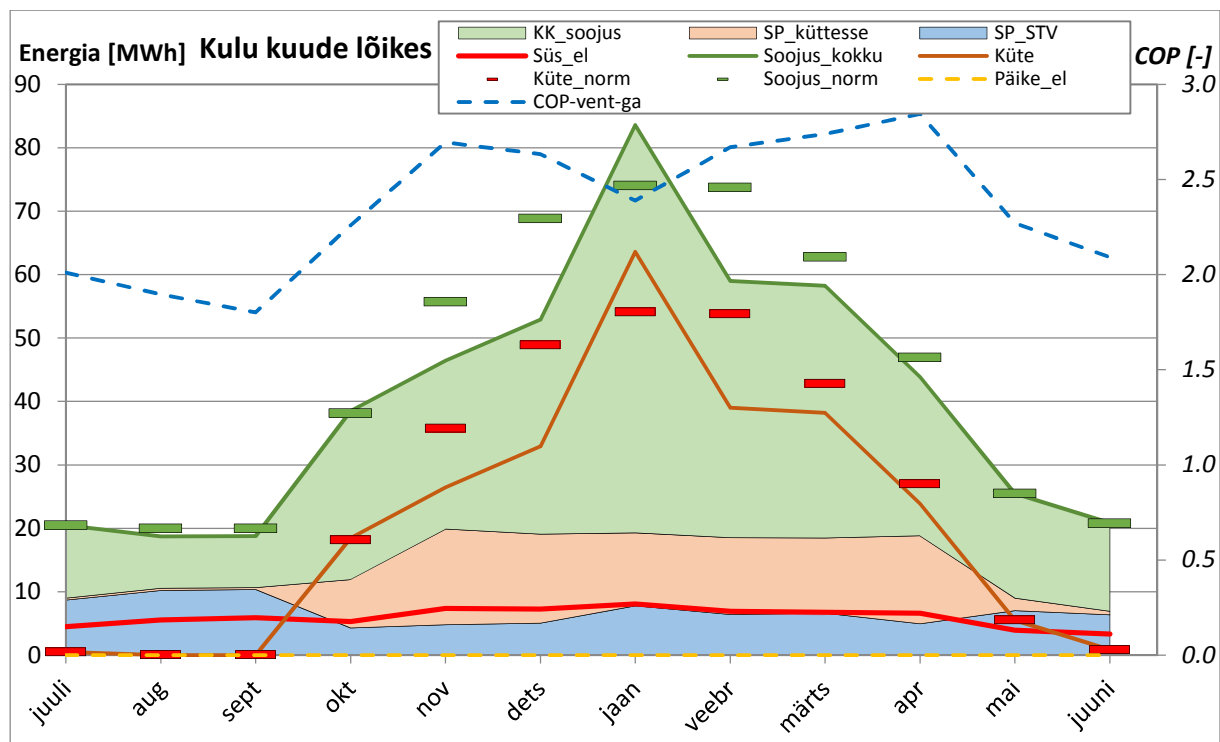
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	48,7%	63,9%
Kaugkütte osakaal	51,3%	36,1%
COP	2,17	2,78
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,57	
Soojustamise mõju	-32%	
Päikese elektritoodang (09.2014 – 03.2017)	24,36MWh	

Korterehamu T1:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumbad. Renoveerimise lõpp 27.09.2012. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett.



Graafik 5.3.9 Korterehamu T1 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.10 Korterelamu T1 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.10 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse väiksemas osas sooja tarbevett, suuremas osas tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumpadega kaetakse osaliselt kütte vajadust ja toodetakse ka osaliselt sooja tarbevett. Soojuse puudujääki kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega aastaringselt.

Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.5 Korterelamu T1 energiabilansi 2012 – 2017 a. Tulemused

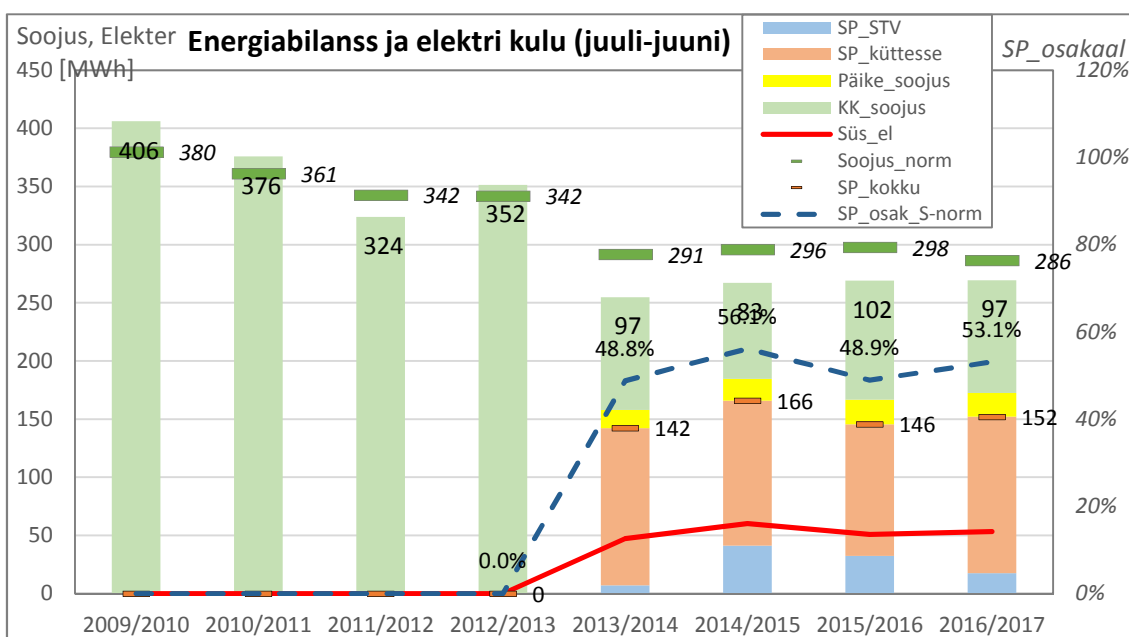
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	45,9%	36,6%
Kaugkütte osakaal	54,1%	63,4%
COP	2,16	2,71
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,51	
Soojustamise mõju	-30%	

Korterelamu T3:

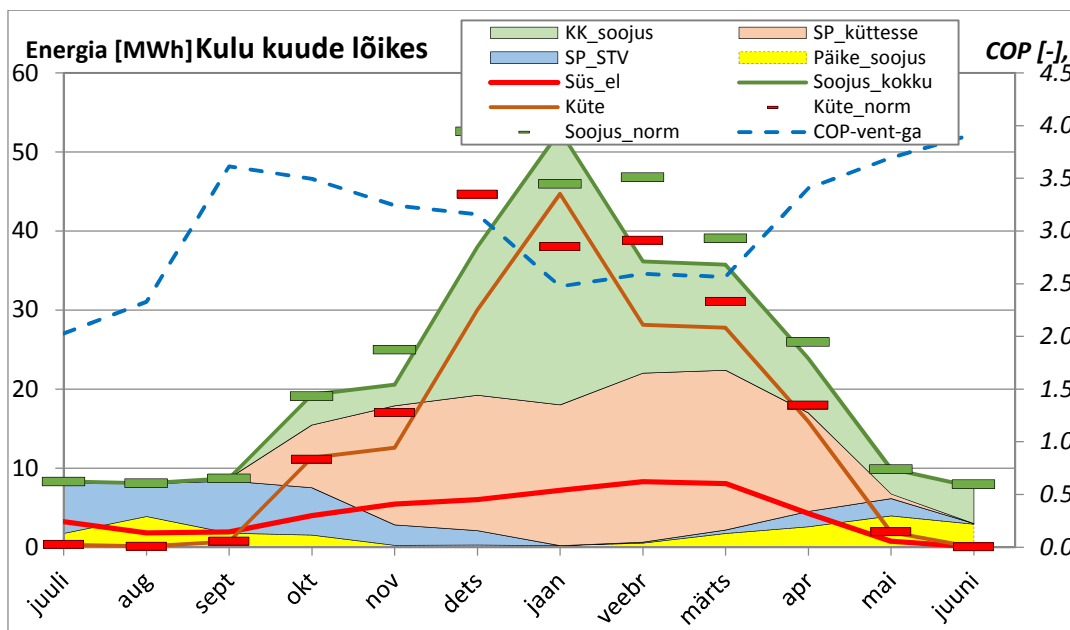
On kasutusel õhk – vesi – soojuspumbad. Kuna selle lahenduse puhul ei ole tegemist suletud ventilatsiooniõhu soojuspumbaga, vaid see võib vabalt soojusallikana kasutada välisõhku siis

ei vasta see lahendus KkütS nõuetele. Vastavalt *Kaugkütteseadusele RT I, 12.07.2014, 60* on lubatud kasutada vaid kütusevabu taastuvaid allikaid, milleks on päikeseenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, tuuleenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, maasoojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist valmistatud elektrienergiat, hoones kasutatud ja sealt (ventilatsiooni, kanalisatsiooni jms kaudu) eralduvat soojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist muundatud elektrienergiat. [13]

Lisaks on paigaldatud päikesekollektorid soojuste tootmiseks. Renoveerimise lõpp 30.09.2013. Soojuspumpade ja päikesekollektoritega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett.



Graafik 5.3.11 Korterelamu T3 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.12 Korterelamu T3 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.12 on näha, et suvekuudel soojuspumpe ja päikesekollektoritega toodetakse osaliselt sooja tarbevett, osaliselt tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumba prioriteediks on kütte vajaduse katmine, kuid toodetakse ka sooja tarbevett. Soojuse puudujääki kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega aastaringelt. Mingil põhjusel ei soovita soojuspumba tööpotsiaali suvel täiesmahus kasutada. Talvekuudel päikesesoojuse osakaal väheneb. Päikesekollektrid suudavad anda suvekuudel umbes 29% vajalikust soojusest, aga kogu aastast vaid 14,5% kogu soojusvajadusest.

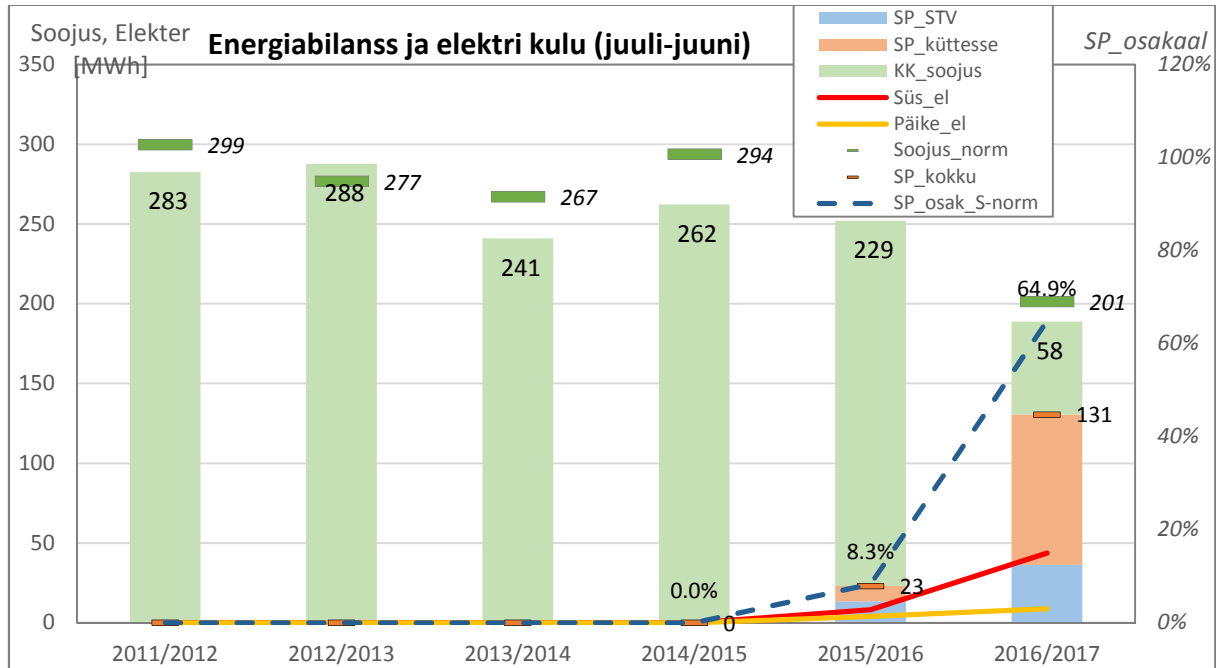
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.6 Korterelamu T3 energiabilansi 2013 – 2017 a. tulemused

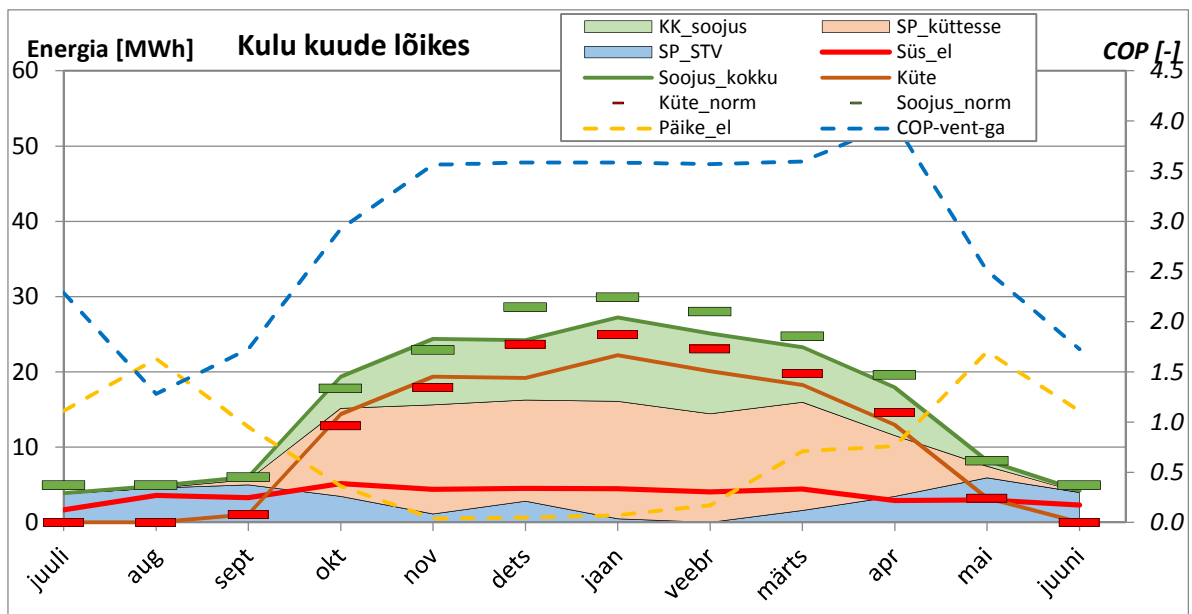
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	49,1%	58,8%
Kaugkütte osakaal	20,4%	38,2%
Päikese soojuse osakaal	30,5%	3,0%
COP	3,36	2,91
Parameeter	Väärtus	
SCOP	3,07	
Soojustamise mõju	-18%	

Korterelamu T4:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumbad päikesepaneelidega. Renoveerimise lõpp on 29.04.2016. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett. Päikesepaneelide elektritoodang on 8,94 MWh aastas, mis on umbes 20,4% soojuspumba elektrivajadusest.



Graafik 5.3.13 Korterelamu T4 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.14 Korterelamu T4 2016/2017 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.14 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse suuremas osas sooja tarbevett, väiksemas osas tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumpadega kaetakse suurema osa kütte vajadust ja toodetakse ka osaliselt sooja tarbevett. Soojuse puudujääki kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega talvekuudel. Päikesepaneelidega toodetakse elektrit.

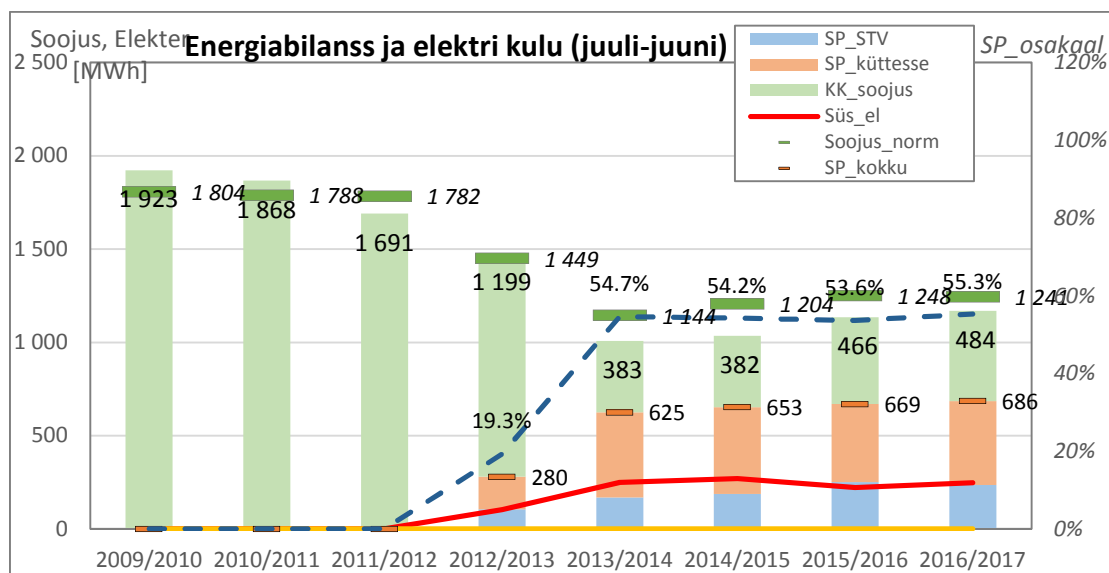
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.7 Korterelamu T4 energiabilansi 2016 – 2017 a. tulemused

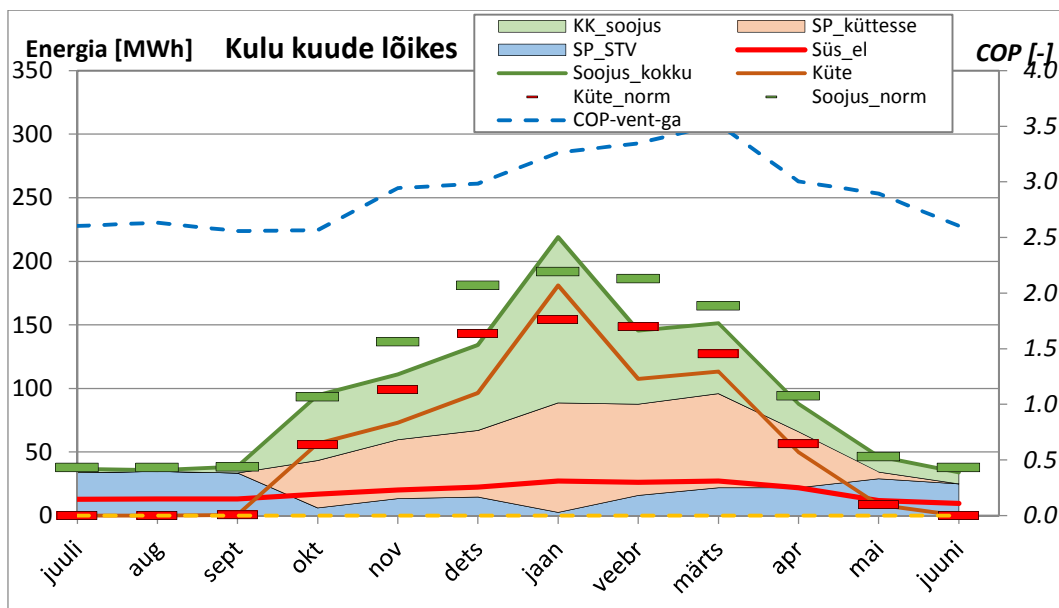
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	93%	65,7%
Kaugkütte osakaal	7%	34,3%
COP	1,91	3,54
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,91	
Soojustamise mõju	-16%	
Päikese elektritoodang (04.2016 – 03.2017)	8,9MWh	

Korterelamu T5:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumbad. Renoveerimise lõpp 31.12.2013. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett.



Graafik 5.3.15 Korterelamu T5 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.16 Korterelamu T5 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.16 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse osaliselt sooja tarbevett, osaliselt tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumpadega kaetakse suurema osa kütte vajadust ja toodetakse ka osaliselt sooja tarbevett. Soojuse puudujääki kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega talvekuudel.

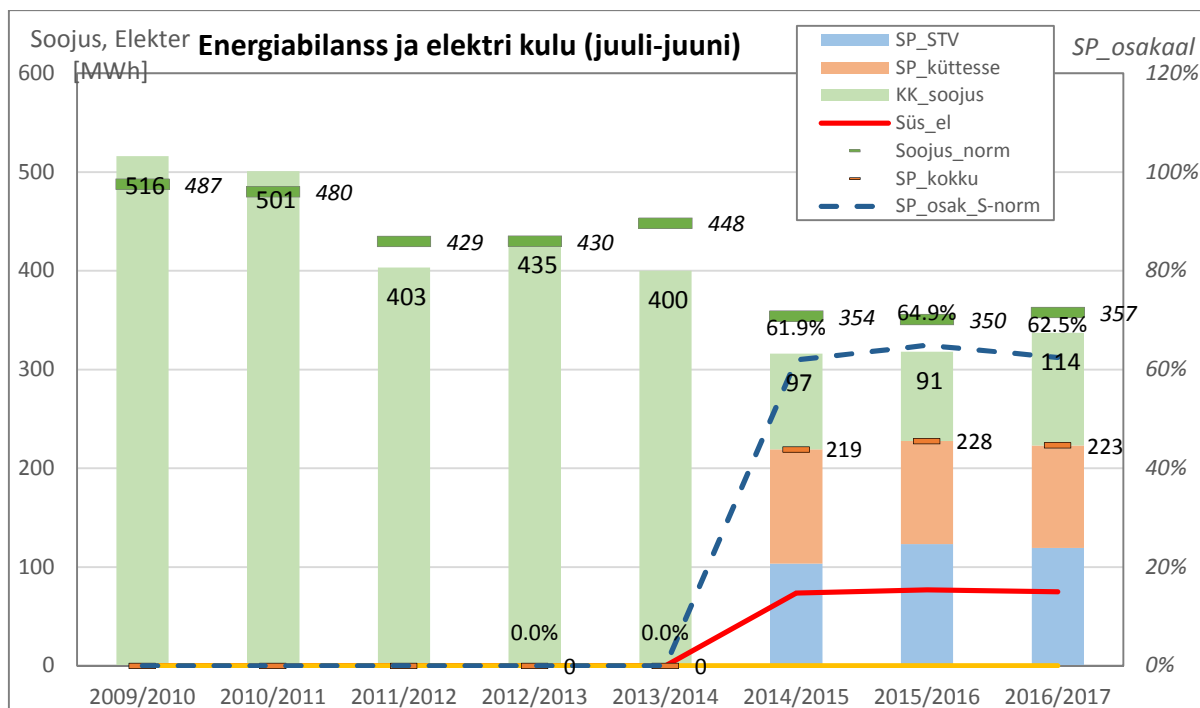
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.8 Korterelamu T5 energiabilansi 2013 – 2017 a. tulemused

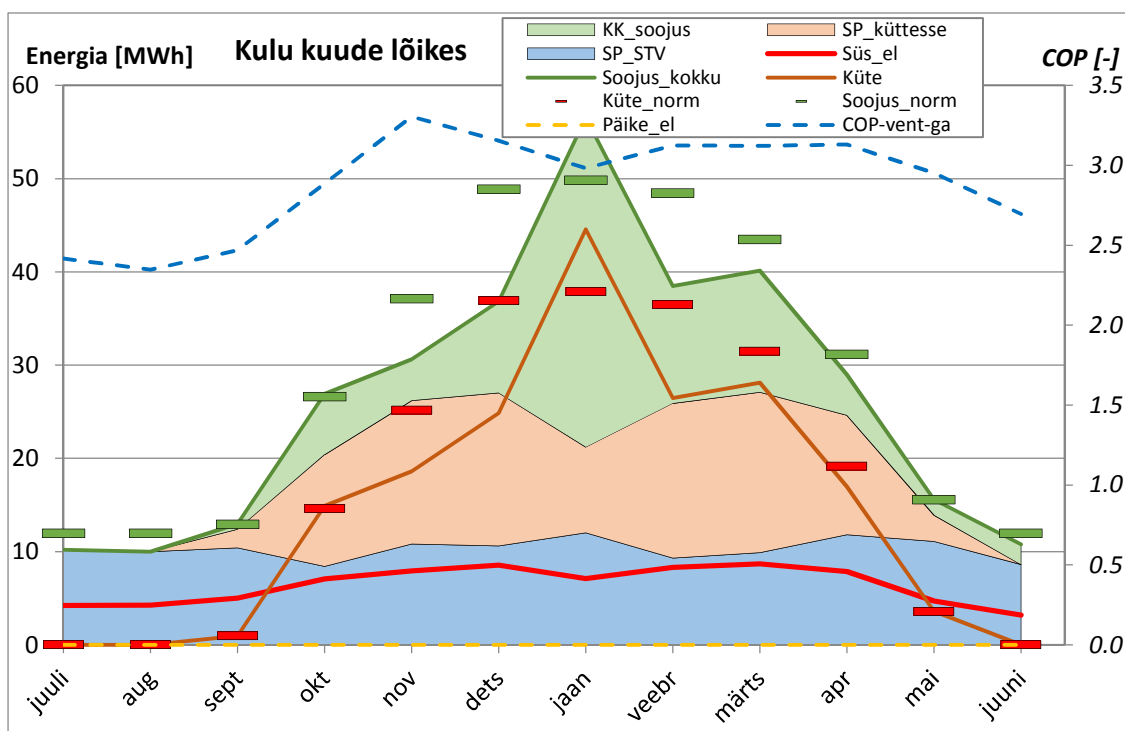
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	71,2%	51,6%
Kaugkütte osakaal	28,8%	48,4%
COP	1,92	2,92
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,53	
Soojustamise mõju	-30%	

Korterelamu T9:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumbad. Renoveerimise lõpp 21.08.2014. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett.



Graafik 5.3.19 Korterelamu T9 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.20 Korterelamu T9 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.20 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse suuremas osas sooja tarbevett, väiksemas osas tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumpadega

kaetakse osaliselt kütte vajadust ja toodetakse ka osaliselt sooja tarbevett. Soojuse puudujääki kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega talvekuudel.

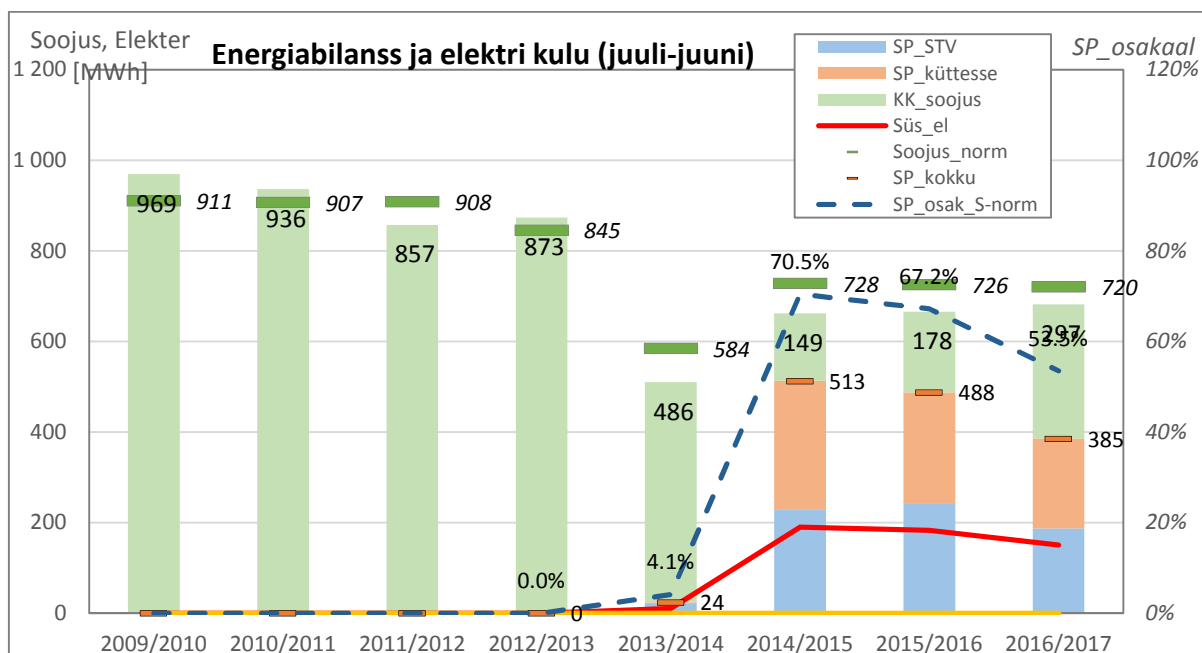
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.10 Korterelamu T9 energiabilansi 2015 – 2017 a. tulemused

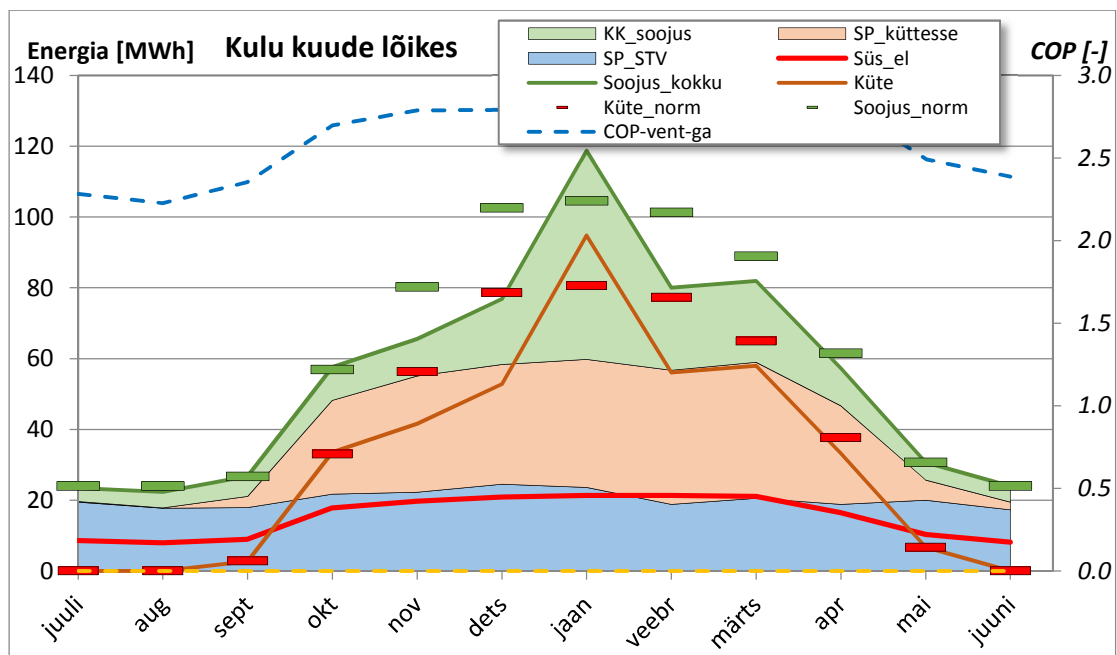
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	89,9%	68,5%
Kaugkütte osakaal	10,1%	31,5%
COP	2,62	3,07
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,91	
Soojustamise mõju	-22%	

Korterelamu T10:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumbad. Renoveerimise lõpp 31.12.2013. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett. Analüüs on tehtud korteriühistu poolt esitatud andmetel, kusjuures puuduvad 2014 aasta esimese poole soojuspumba toodangu ja elektritarbimise andmed, aga arvestades, et usaldusväärsed andmed on olemas järgnevatest kütteperioodidest, siis saab seda korterelamut kasutada uuringus.



Graafik 5.3.21 Korterelamu T10 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.22 Korterelamu T10 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.22 on näha, et suvekuudel soojuspumpadega toodetakse suuremas osas sooja tarbevett, väiksemas osas tarbitakse kaugküttevõrgust. Talvekuudel soojuspumpadega kaetakse osaliselt kütte vajadust ja toodetakse ka osaliselt sooja tarbevett. Soojuse puudujääki, sh soojuspumpade rikkete korral kaetakse kaugküttevõrgust tarbitava soojusega talvekuudel.

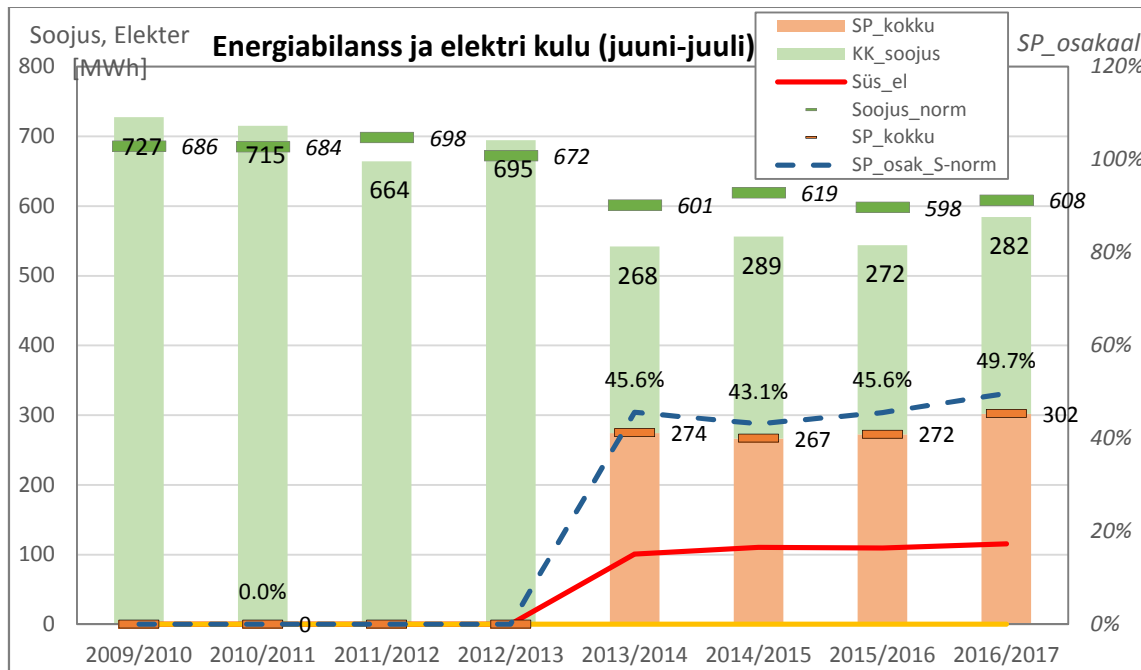
Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.11 Korterelamu T10 energiabilansi 2015 – 2017 a. tulemused

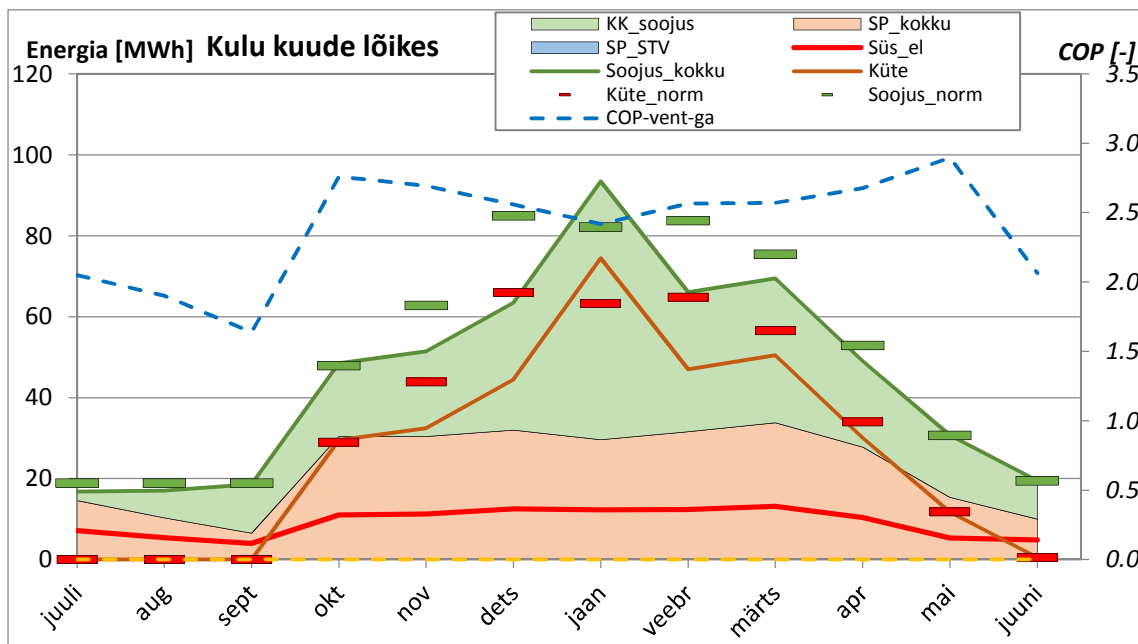
Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	83,4%	67,2%
Kaugkütte osakaal	16,6%	32,8%
COP	2,35	2,69
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,55	
Soojustamise mõju	-25%	

Korterelamu T12:

On kasutusel soojustagastusega soojuspumbad. Renoveerimise lõpp 30.09.2013. Soojuspumpadega toodetakse nii kütet, kui ka sooja tarbevett, aga nende osakaalud pole jälgitavad.



Graafik 5.3.23 Korterelamu T12 energiabilanss ja elektrikulu (juuli – juuni)



Graafik 5.3.24 Korterelamu T12 2016/2017 aasta energiabilanss kuu lõikes

Graafikult 5.3.24 on näha, et suve- ja talvekuudel soojuspumpadega kateakse osaliselt soojuste vajadust, osaliselt soojust tarbitakse kaugküttevõrgust.

Alltoodud tabelis on esitatud soojuspumba ja kaugkütte osakaalud suve- ja talvekuudel ning soojustegurite COP ja SCOP väärtused.

Tabel 5.3.12 Korterelamu T12 energiabilansi 2014 – 2017 a. tulemused

Parameeter	Suvekuudel	Talvekuudel
Soojuspumba osakaal	70,1%	49,3%
Kaugkütte osakaal	29,9%	50,7%
COP	2,29	2,62
Parameeter	Väärtus	
SCOP	2,5	
Soojustamise mõju	-11%	

Soojuspumpade ja kaugkütte osakaalude detailsem analüüs on esitatud jaos „Lisad“ (Lisa 3). Analüüsi tulemuste tulenevalt võib järeldada, et aastatega soojustagastussüsteemiga soojuspumpade osakaal väheneb (korterelamud H7, T1, T5, T9, T10). Korterelamutes H5 ja T12 vaadeldava perioodi jooksul on esinenud rikked, mille tulemusena vahetati osised (korterelamu T12 soojuspumba kompressor on vahetud). Korterelamus T4 on töötanud soojuspumbad ainult üks kütteperiood. Seoses sellega pole võimalik jälgida paigaldatud soojuspumba osakaalu muutust. Korterelamutes H3 ja H4 õhk – vesi – soojuspumpade osakaalud praktiliselt ei muutu kütteperioodide lõikes. See võib olla seotud soojuspumba kompressori ja ventiili vahetamisega. Korterelamus T3 õhk – vesi – soojuspumba osakaal väheneb aastatega.

Kaalutud energiaerikasutuse (KEK) arvutused

Kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutamisel on kasutatud esitatud punktis 1.2 meetodikat. Tasakaalutemperatuuridena on kasutatud 17°C enne korterelamu soojustamist ja 15°C peale soojustamist. [30]

Kaugküttevõrgu küttesoojuse kulu on leitud järgmiselt:

$$KK_{KÜTE} = KK_{soojus} + SP_{STV} - Q_{const} \quad (5.3.1)$$

kus,

$KK_{KÜTE}$ – kaugküttevõrgust küttesoojuse kulu

KK_{soojus} – kaugküttevõrgust üldsoojuse kulu

SP_{STV}

– soojusenergia tarbevee soojendamiseks, mis on toodetud soojuspumba poolt

Q_{const} – kaugküttevõrgust soojusenergiakulu tarbevee soojendamiseks, mis

võrdub enne soojuspumpade paigaldust kaugküttevõrgust tarbitava soojuse koguse keskmise väärtusega suvekuudel.

Kaugküttevõrgust küttesoojuse kulu on normaliseeritud kuude lõikes ja korrutatud kaalumisteguriga.

Kaugküttevõrgust soojusenergiakulu tarbevee soojendamiseks on leitud järgmiselt:

Kuna suvekuudel kütte vajadust pole, siis sooja vee tarbimise kogusena on võetud enne soojuspumba paigaldust suvekuudel tarbitud kaugküttevõrgust soojusekulu keskmised väärtused. Kuna soojuspumbad toodavad ka sooja tarbevett, siis nende kasutamisel väheneb sooja vee tarbimine kaugküttevõrgust. Sellest järeldub, et enne soojuspumba paigaldust suvekuudel kaugküttevõrgu soojusekulu vastab sooja vee tarbimisele koos soojavee tsirkulatsiooniga. Peale soojuspumba paigaldust suvekuudel ei tarbita sooja tarbevett täiesmahus kaugküttevõrgust, nagu enne soojuspumba paigaldust. Igakuine sooja tarbevee kulu jääb konstantseks, vaid peale soojuspumba paigaldust jagatakse kaheks osaks: esimene osa – soojusenergiakulu tarbevee soojendamiseks kaugküttevõrgust, teine osa – soojusenergia tarbevee soojendamiseks, mis on toodetud soojuspumbaga. Kaugküttevõrgust tarbitud soojusenergiakulu tarbevee soojendamiseks on korrutatud kaalumiteguriga.

$$KK_{STV} = KK_{soojus} - KK_{KÜTE} \quad (5.3.2)$$

kus,

$KK_{KÜTE}$ – kaugküttevõrgust küttesoojuse kulu

KK_{soojus} – kaugküttevõrgust üldsoojuse kulu

KK_{STV} – kaugküttevõrgu soojusenergiakulu tarbevee soojendamiseks

Kuna puuduvad korterite poolt ja üldelektritarbimise andmed, siis parameetri KEK arvutuses on kasutatud esitatud *Majandus- ja taristuministri määruses nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele¹“*, lisa 5 metoodikat. [3]

Korterelamutes, kus kasutatakse osaliselt gaasi ja osaliselt elektrit toiduvalmistamiseks, netoelektritarbena võetakse keskmine väärtus (32,5kWh/(m² a) köetava või eluruumide pinna

ühiku kohta. Korterelamute köetavad või selle puudumisel eluruumide pinnad on võetud *Ehitisregistrist*. [31]

Korterelamute köetavad ja eluruumide pinnad on esitatud jaos „Lisad“ (Lisa 1).

Kuna gaasi tarbimise mahud on esitatud aasta lõikes, aga antud töös arvutatakse kaalutud energiaerikasutuse KEK parameeter kütteperioodi lõikes (juuli – juuni), siis gaasi tarbimise andmetena on võetud vaadeldava kütteperioodi kahe aasta keskmine väärtus.

Kuna mõnedes korterelamutes soojuspumpade osakaal väheneb aastatega, siis parameeter KEK on arvatud iga kütteperioodi eraldi. Antud lähenemine võimaldab näha parameetri KEK väärtuse sõltuvust soojuspumba osakaalust erinevatel kütteperioodidel.

Korterelamute kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutused on esitatud jaos „Lisad“ (Lisa 4).

Soojuskanjja temperatuuride vahe (dT) võrdlus enne ja peale soojuspumpade paigaldust

Soojuskanjja temperatuuride vahe on arvatud erisoojuse valemiga:

$$c = \frac{Q}{m \times \Delta T} \quad (5.3.3)$$

kus,

c on erisoojus $\frac{J}{kg \times K}$;

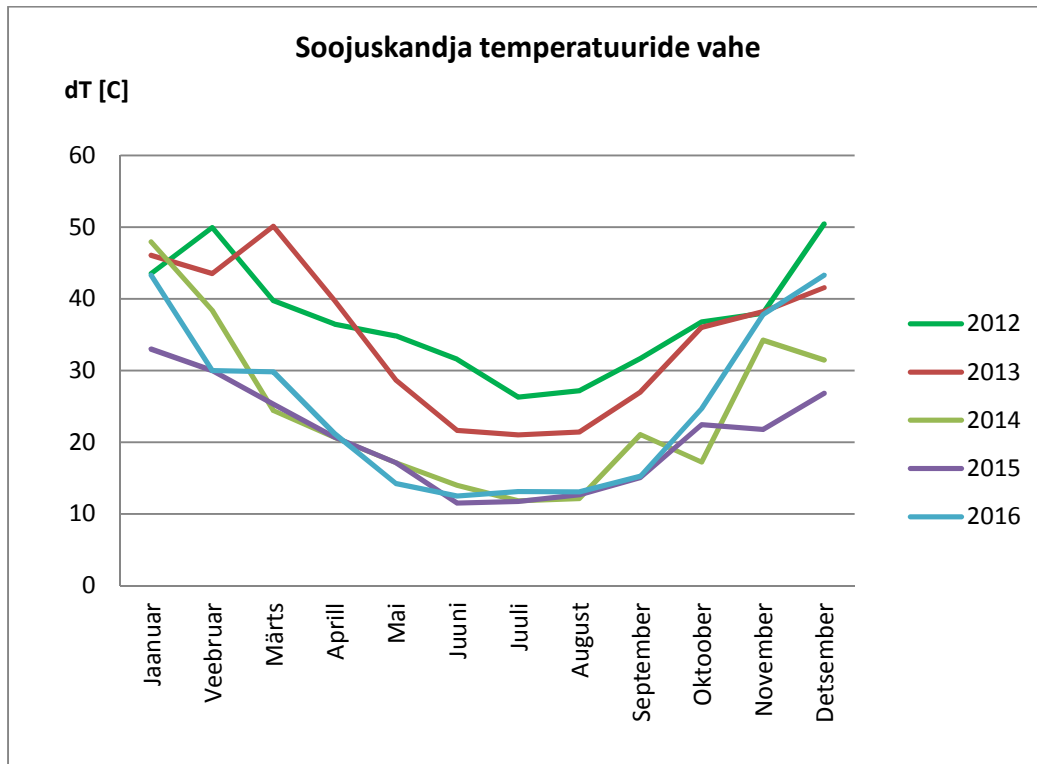
Q on soojushulk J ;

m on keha mass kg ;

ΔT on keha temperatuuri muutus K . [32]

Igakuiste soojusmõõtuuri näitude alusel on arvatud keskmised soojuskanjja jahtumised. Arvutuste tulemuste alusel on koostatud graafikud.

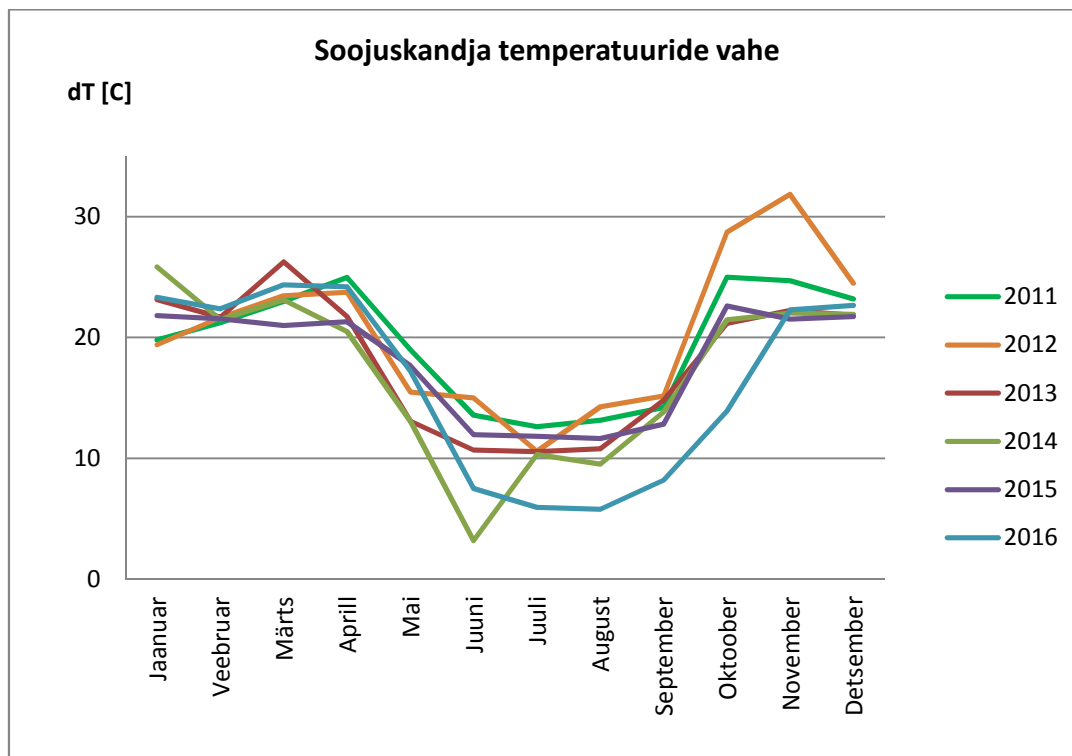
Korterelamu T10: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 31.12.2013)



Graafik 5.3.23 Korterelamu T10 soojuskandja temperatuuride vahe enne ja peale soojuspumpade paigaldust

Graafiku 5.3.23 kõverad näitavad, et peale soojuspumpade paigaldust on vähenenud kaugküttevõrgu soojuskandja temperatuuride vahe vähemalt 10°C võrra.

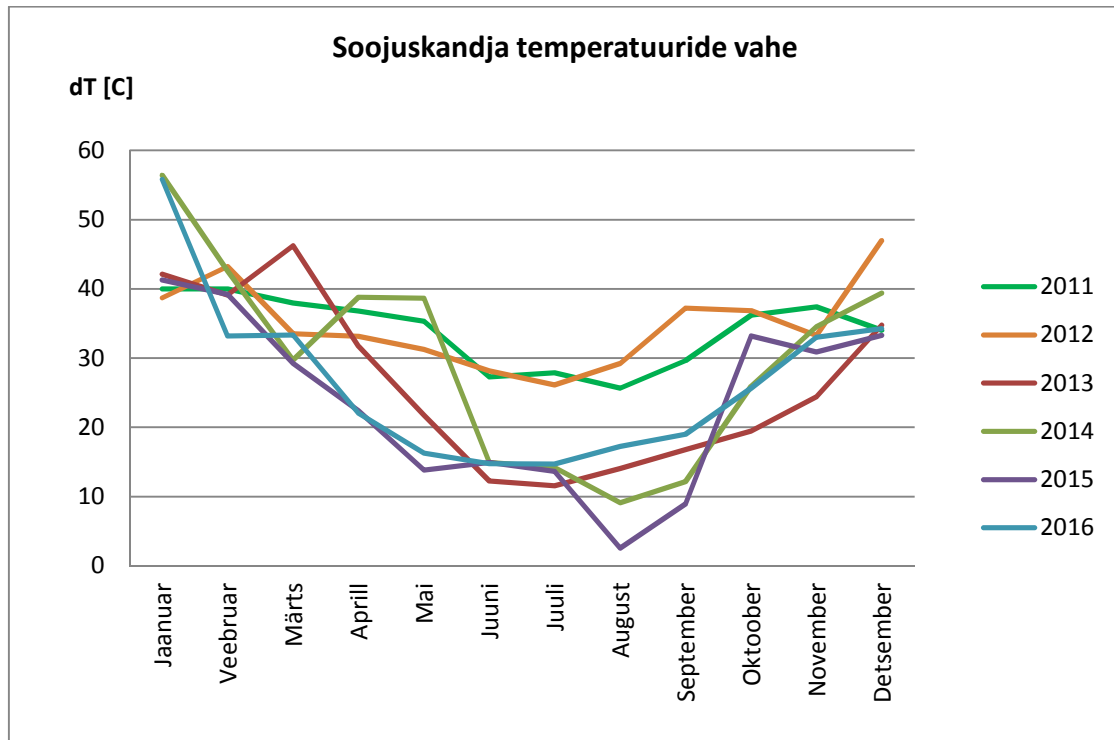
Korterelamu T4: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 29.04.2016)



Graafik 5.3.24 Korterelamu T4 soojuskandja temperatuuride vahe enne ja peale soojuspumpade paigaldust

Graafiku 5.3.24 kõverad näitavad, et peale soojuspumpade paigaldust on vähenenud kaugküttevõrgu soojuskandja temperatuuride vahe vähemalt 5°C võrra suvekuudel.

Korterelamu T5: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 31.12.2013)



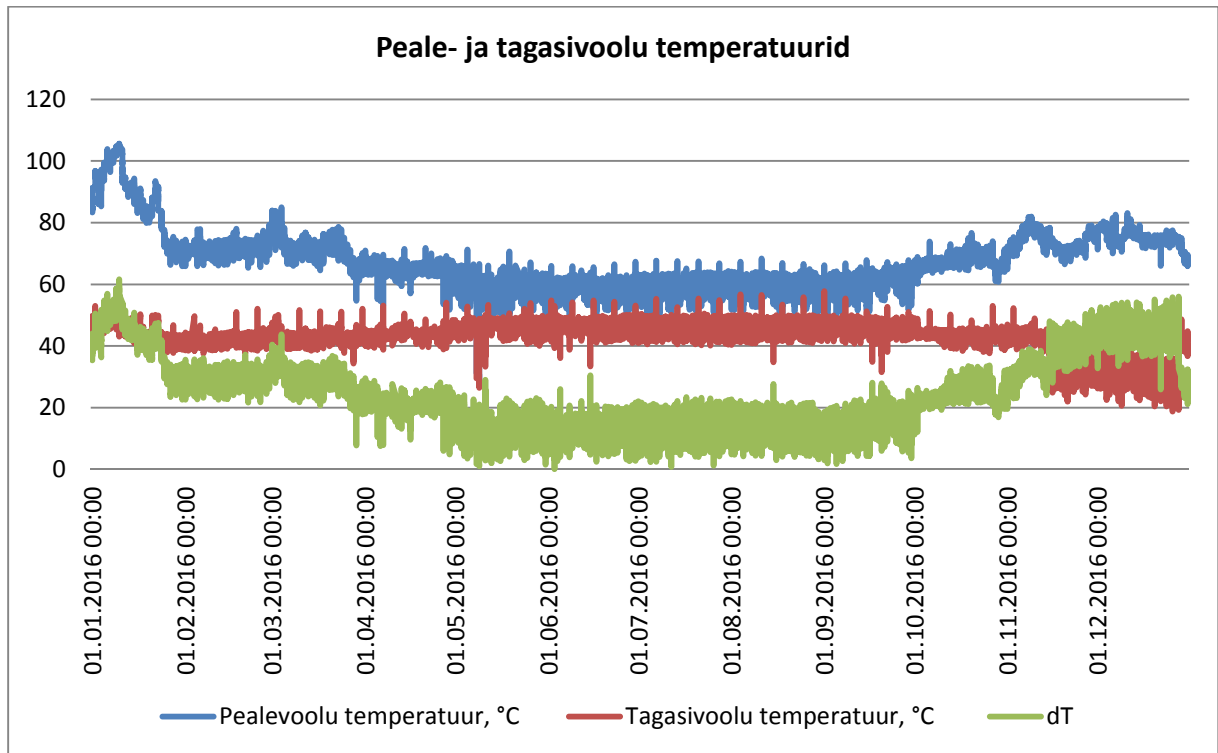
Graafik 5.3.25 Korterelamu T5 soojuskandja temperatuuride vahe enne ja peale soojuspumpade paigaldust

Graafiku 5.3.25 kõverad näitavad, et peale soojuspumpade paigaldust on vähenenud kaugküttevõrgu soojuskandja temperatuuride vahe vähemalt 10°C võrra suvekuudel ja 5° ... 10°C kevad – sügiskuudel.

Peale- ja tagasivoolu temperatuuride võrdlus 2016 aasta lõikes

Kaugkütteenust osutavate ettevõtete poolt esitatud andmete alusel on koostatud peale- ja tagasivoolu temperatuuride võrdlusgraafikud.

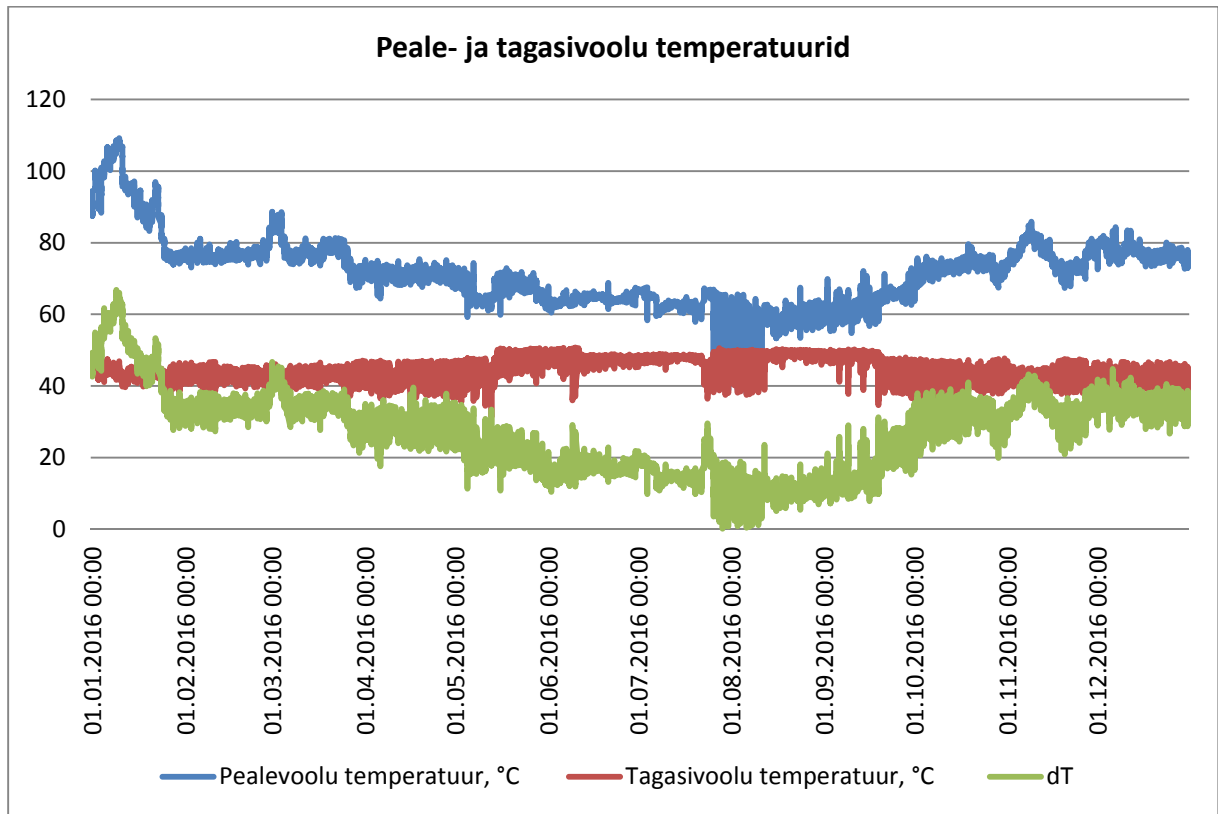
Korterelamu T10: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 31.12.2013)



Graafik 5.3.26 Korterelamu T10 peale- ja tagasivoolu temperatuuride vahe 2016a.

Graafik 5.3.26 näitab peale- ja tagasivoolu temperatuure ning nende vahe. On näha, et tagastuva soojuskandja temperatuur kõikub 40°C ümber aastaringelt, aga pealevoolu temperatuur muutub vastavalt aastaajale. Sellest tulenevalt kõikub 0°C – st kuni 20°C – ni peale ja tagasivoolu temperatuuride vahe aprillist oktoobrini. Järelikult, mida suurem on soojuspumba osakaal soojusvarustuses, seda väiksemaks jääb kaugküttevõrgu soojuskandja jahtumine. 2016 aasta suveperioodi soojuspumba osakaal on umbes 80%, aga talvekuudel sõltuvalt kuust 30...80%.

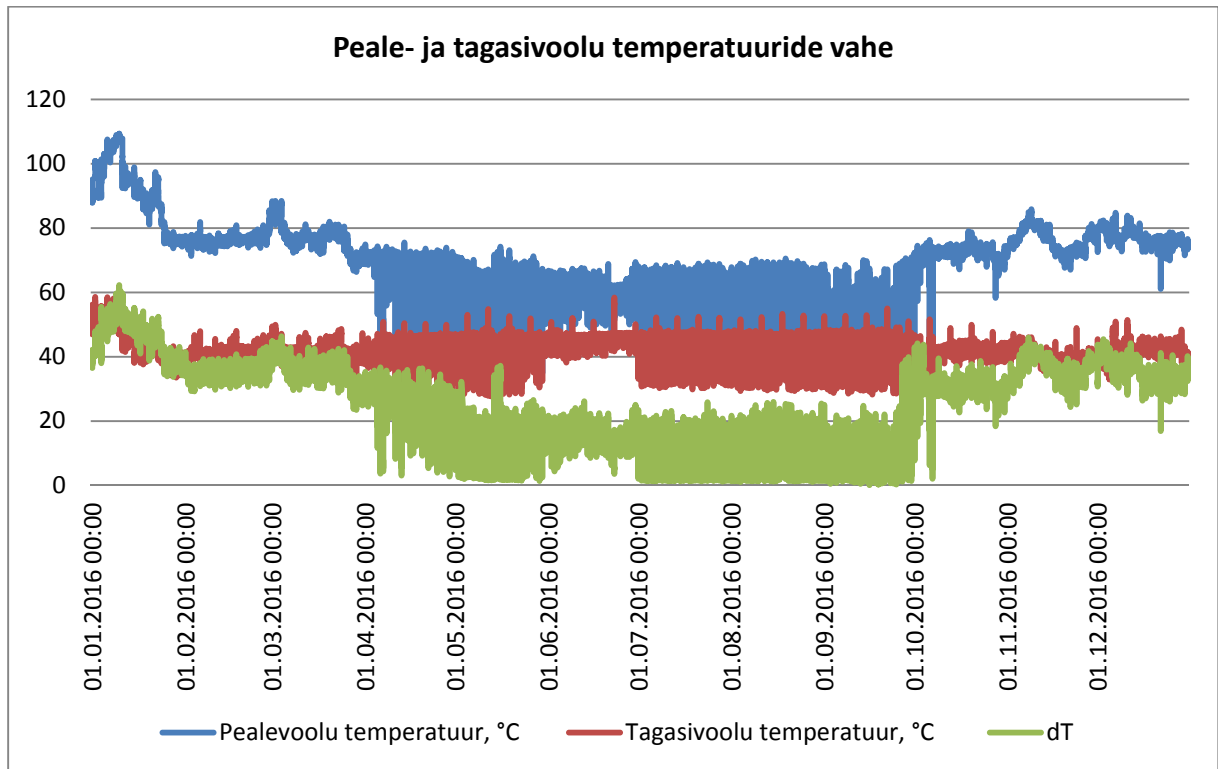
Korterelamu T12: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 03.09.2013)



Graafik 5.3.27 Korterelamu T12 peale- ja tagasivoolu temperatuuride vahe 2016a.

Graafik 5.3.27 näitab peale- ja tagasivoolu temperatuure ning nende vahe. On näha, et tagastuva soojuskandja temperatuur kõikub 40°C ümber aastaringelt, aga pealevoolu temperatuur muutub vastavalt aastaajale. Sellest tulenevalt kõikub 0°C – st kuni 20°C – ni peale ja tagasivoolu temperatuuride vahe aprillist oktoobrini. Järelikult, mida suurem on soojuspumba osakaal soojusvarustuses, seda väiksemaks jääb kaugküttevõrgu soojuskandja jahtumine. 2016 aasta suveperioodi soojuspumba osakaal on umbes 60%, aga talvekuudel sõltuvalt kuust 30...55%.

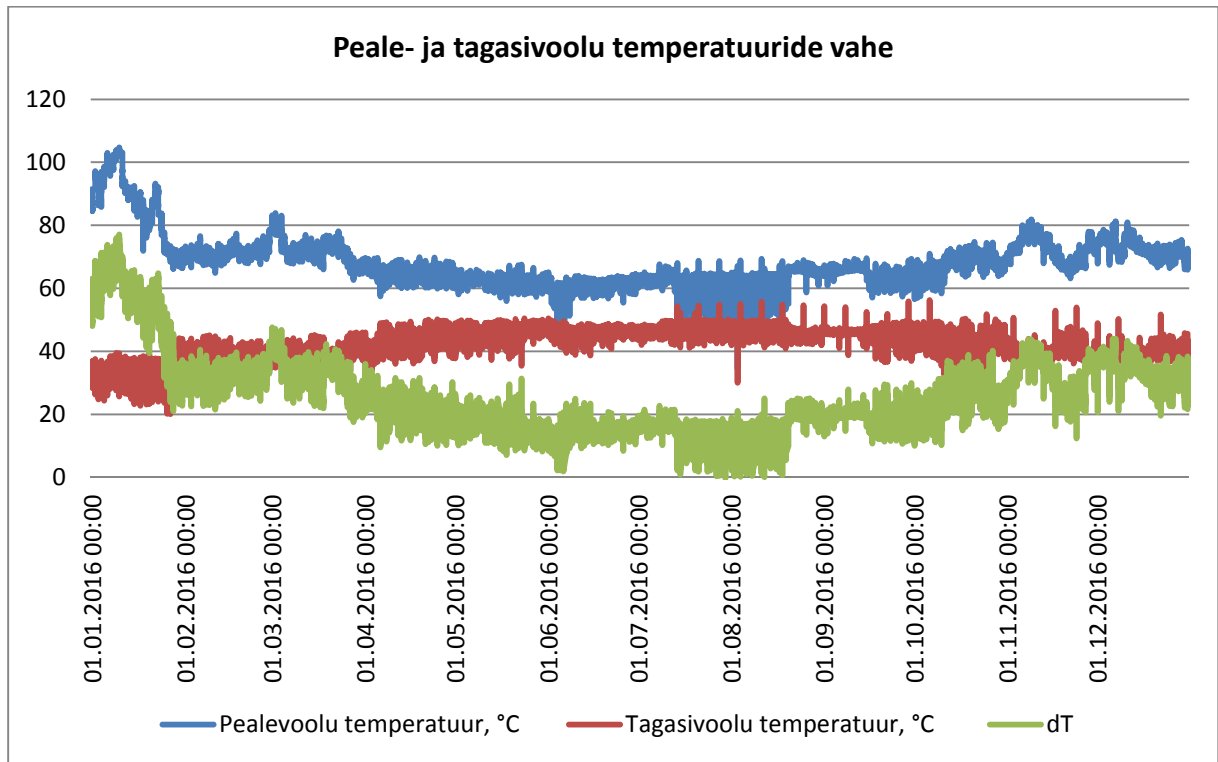
Korterelamu T9: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 21.08.2014)



Graafik 5.3.28 Korterelamu T9 peale- ja tagasivoolu temperatuuride vahe 2016a.

Graafik 5.3.28 näitab peale- ja tagasivoolu temperatuure ning nende vahe. On näha, et tagastuva soojuskandja temperatuur kõikub 40°C ümber aastaringselt, aga pealevoolu temperatuur muutub vastavalt aastaajale. Sellest tulenevalt kõikub 0°C – st kuni 20°C – ni peale ja tagasivoolu temperatuuride vahe aprillist oktoobrini. Järelikult, mida suurem on soojuspumba osakaal soojusvarustuses, seda väiksemaks jääb kaugküttevõrgu soojuskandja jahtumine. 2016 aasta suveperioodi soojuspumba osakaal on umbes 88%, aga talvekuudel sõltuvalt kuust 35...85%.

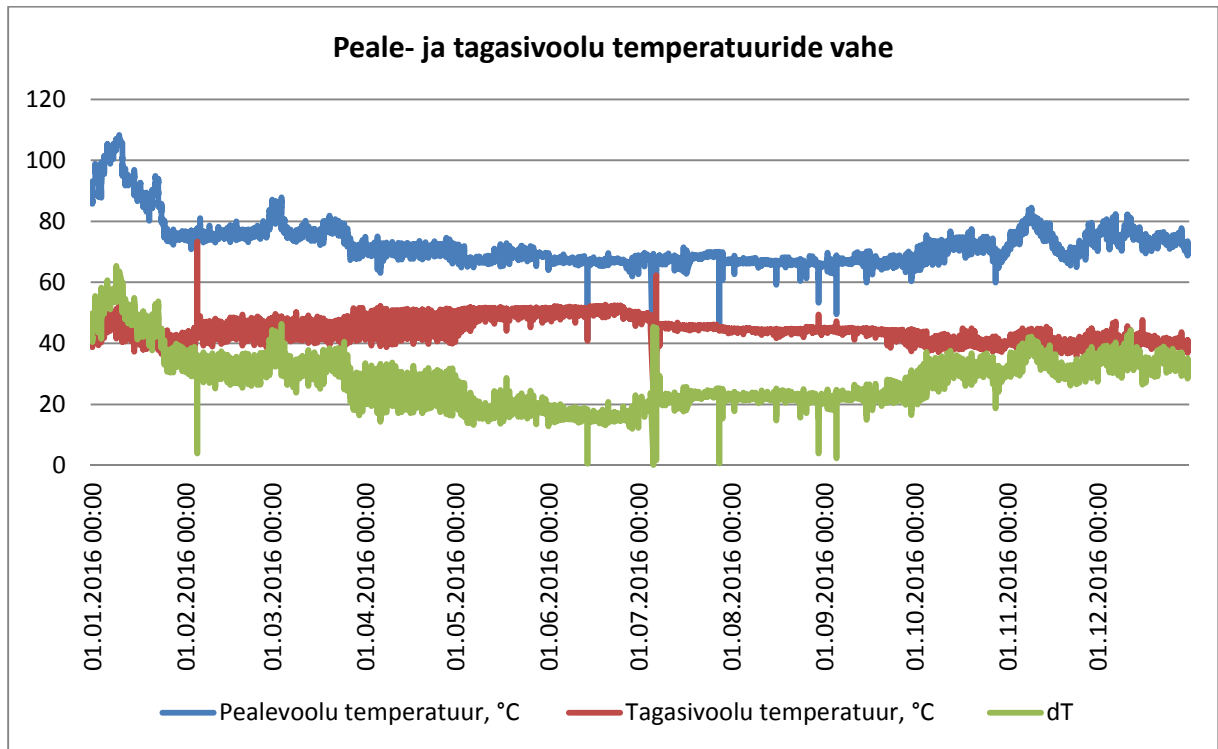
Korterelamu T5: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 31.12.2013)



Graafik 5.3.29 Korterelamu T5 peale- ja tagasivoolu temperatuuride vahe 2016a.

Graafik 5.3.29 näitab peale- ja tagasivoolu temperatuure ning nende vahe. On näha, et tagastava soojuskandja temperatuur kõikub 40°C ümber aastaringsest, aga pealevoolu temperatuur muutub vastavalt aastaajale. Sellest tulenevalt kõikub 0°C – st kuni 20°C – ni peale ja tagasivoolu temperatuuride vahe aprillist septembrini. Järelikult, mida suurem on soojuspumba osakaal soojusvarustuses, seda väiksemaks jääb kaugküttevõrgu soojuskandja jahtumine. 2016 aasta suveperioodi soojuspumba osakaal on umbes 70%, aga talvekuudel sõltuvalt kuust 40...75%.

Korterelamu T1: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 27.09.2012)



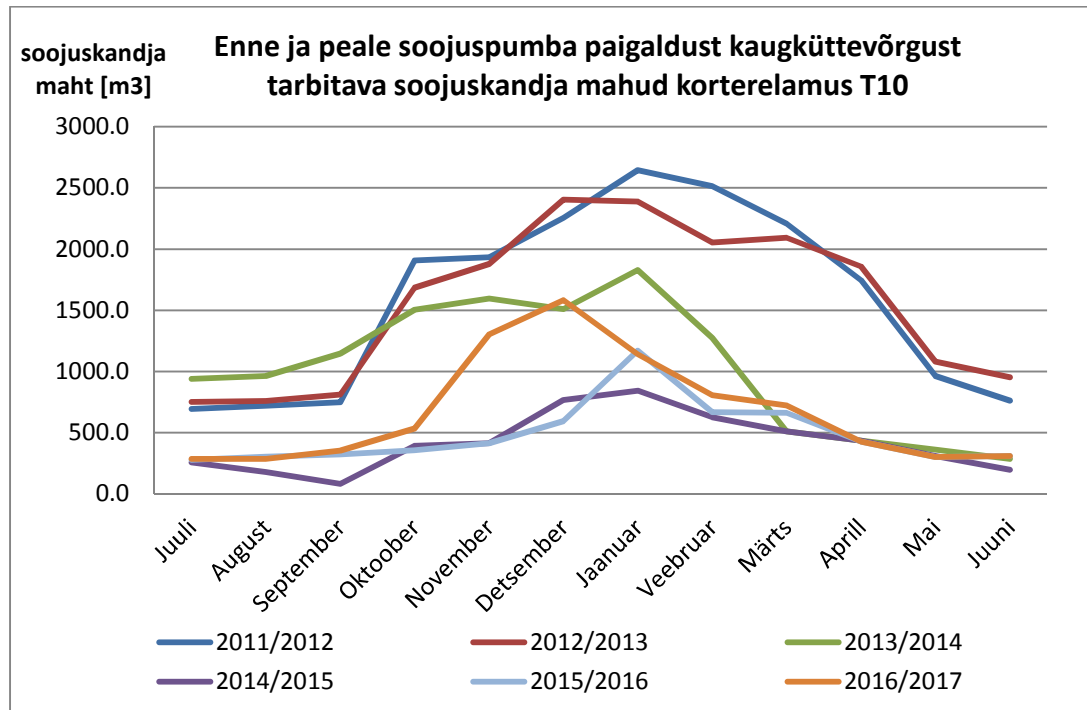
Graafik 5.3.30 Korterelamu T1 peale- ja tagasivoolu temperatuuride vahe 2016a.

Graafik 5.3.30 näitab peale- ja tagasivoolu temperatuure ning nende vahe. On näha, et tagastava soojuskandja temperatuur kõikub 40°C ümber aastaringelt, aga pealevoolu temperatuur muutub vastavalt aastaajale. Sellest tulenevalt kõikub 0°C – st kuni 20°C – ni peale ja tagasivoolu temperatuuride vahe aprillist oktoobrini. Järelikult, mida suurem on soojuspumba osakaal soojusvarustuses, seda väiksemaks jääb kaugküttevõrgu soojuskandja jahtumine. 2016 aasta suveperioodi soojuspumba osakaal on umbes 30%, aga talvekuudel sõltuvalt kuust 23...30%.

Enne ja peale soojuspumpade paigaldust tarbitava soojuskandja mahu võrdlusanalüüs

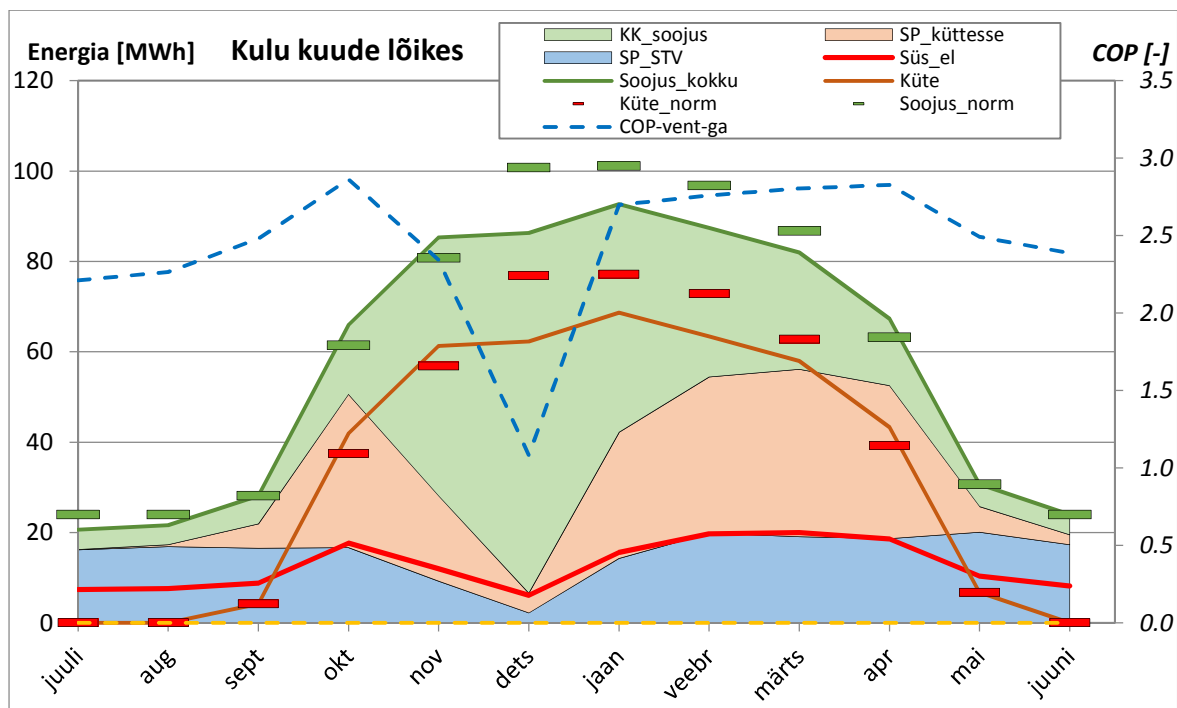
Soojuspumpade kasutamisel väheneb kaugküttevõrgust tarbitava soojuskandja maht, mis negatiivselt mõjutab kaugküttevõrgu talitlust. Saadud andmete alusel on tehtud alltoodud graafikud.

Korterelamu T10: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 31.12.2013)



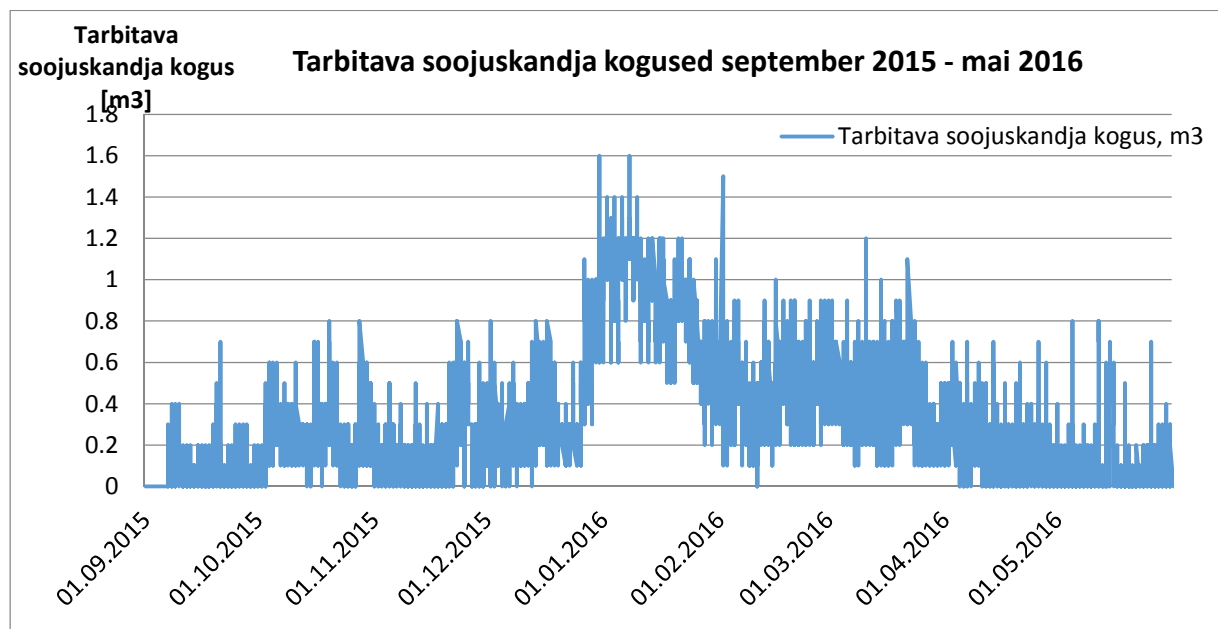
Graafik 5.3.31 Enne ja peale soojuspumba paigaldust kaugküttevõrgust tarbitava soojuskandja mahud korterelamus T10

Graafikust 5.3.31 on näha, et enne süsteemi käivitust suvekuudel soojuskandja tarbimine oli vahemikus 500 ... 1000 m³ ja talvekuudel – 1900 ... 2600 m³. Peale süsteemi käivitust 01.01.2014 on märgatavalt vähenenud kaugküttevõrgust tarbitava soojuskandja kogus. Suvekuudel tarbitakse soojuskandjat mahus 180 ... 300 m³, talvekuudel – 300 ... 1200 m³. Peale selle antud korterelamu energiabilansist on näha (Graafik 5.3.32), et detsembris 2016 süsteemis on esinenud rike, mille tulemusena soojuspumba toodang on tunduvalt vähenenud ja on suurenenud kaugküttevõrgust soojusenergia tarbimine. Sellest on tingitud kaugküttevõrgu soojuskandja tarbimise järsk suurenemine.



Graafik 5.3.32 Korteralamu T10 2016/2017 aasta energiabilanss kuu lõikes

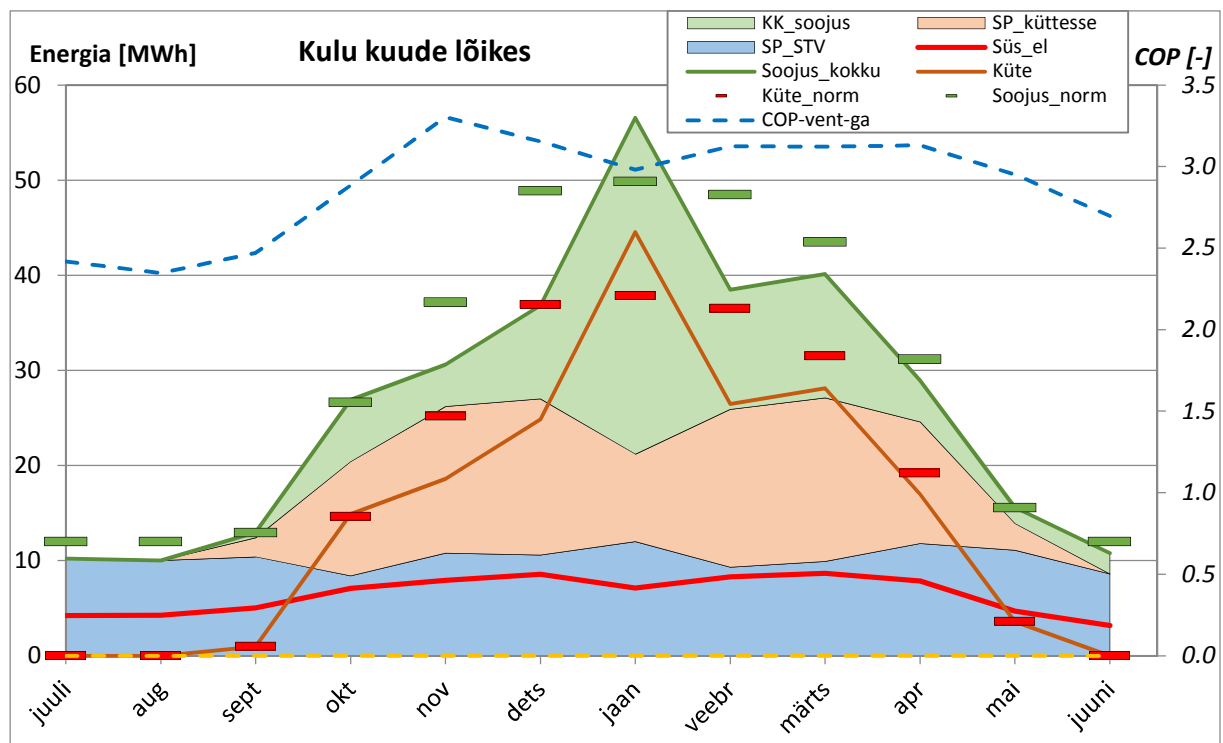
Korteralamu T10: (on kasutusel soojustagastusega soojuspump; renoveerimise lõpp 21.08.2014)



Graafik 5.3.33 Korteralamu T9 kaugküttevõrgust tarbitava soojuskandja kogused september 2015 – mai 2016

Graafikust 5.5.33 on näha, et jaanuaris 2016 on toimunud soojuskandja tarbimise järsk suurenemine võrreldes detsembris 2015 tarbitud soojuskandja kogusega. Selleks on kaks põhjust:

- Detsembri 2015 ja jaanuari 2016 tegelike välisõhu temperatuuride vahe: detsembri 2015 tegelik välisõhu temperatuur on 3,3°C, aga jaanuaris 2016 tegelik välisõhu temperatuur on -7,2°C (vt Lisa 2);
- Jaanuaris 2016 süsteemis on esinenud rike, mille tagajärjel soojuspumba toodang on langenud. Seda on näha allpool toodud Graafikust 5.3.34.



Graafik 5.3.34 Korteralamu T9 2015/2016 aasta energiabilanss kuu lõikes

Ülalnimetatud kaks faktorit on mõjutanud kaugküttevõrgust tarbitava soojuskandja kogust.

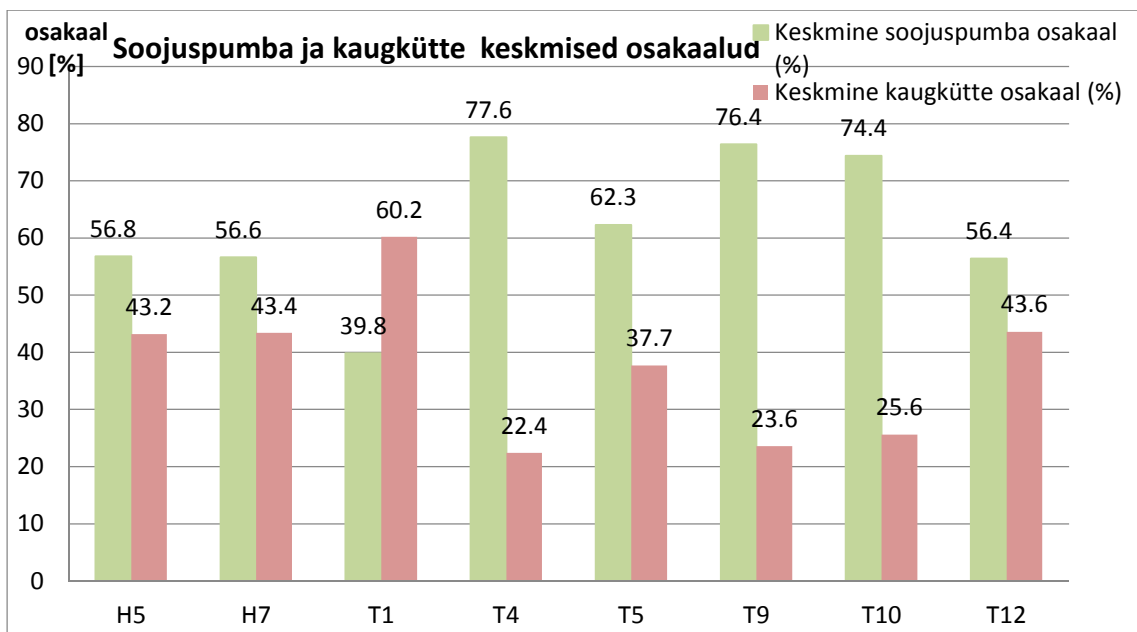
6. Tulemused

Analüüsi käigus saadud tulemused on kokku viidud tabelitesse.

Tabel 6.1 Soojustamise mõju, soojuspumpade ja kaugkütte keskmised osakaalud ning soojustegurid COP ja SCOP suve- ja talvekuudel korterelamutes, kus on paigaldatud soojustagastussüsteemiga soojuspumbad

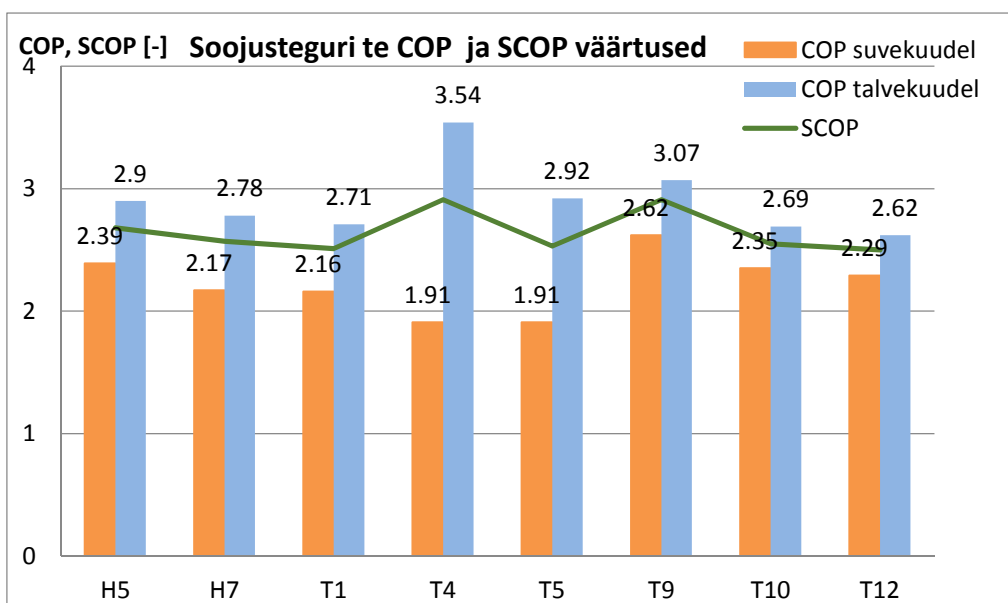
Korterühistu tähis	Soojustamise mõju (%)	Soojuspumba osakaal taandatud normaalaastale (%)	Keskmine soojuspumba osakaal (%)	Keskmine kaugkütte osakaal (%)	COP suvekuudel	COP talvekuudel	SCOP
H5	-35	51	56,8	43,2	2,39	2,9	2,68
H7	-32	55	56,6	43,4	2,17	2,78	2,57
T1	-30	38	39,8	60,2	2,16	2,71	2,51
T4	-16	72	77,6	22,4	1,91	3,54	2,91
T5	-30	55	62,3	37,7	1,91	2,92	2,53
T9	-22	70	76,4	23,6	2,62	3,07	2,91
T10	-23	70	74,4	25,6	2,35	2,69	2,55
T12	-11	51,2	56,4	43,6	2,29	2,62	2,5
Keskmine:	-24,9	57,8	62,5	37,5	2,23	2,90	2,65

Tabelis 6.1 on välja toodud RT I, 12.07.2014, 60 Kaugkütteseadusele vastavate soojustagastusega soojuspumbaga varustatud elamute soojusliku info kokkuvõte. Sellest on näha, et korterelamu soojustamine vähendab kütte-, ventilatsiooni- ja sooja tarbevee soojuse tarbimist keskmiselt 24,9%. Erinevate elamute puhul on saavutaud soojustamisega säästu 11% ... 35%. Elamu T12 puhul oli juba varem teostatud otsaseinte soojustamine ja suuremas osas korterite aknad olid vahetatud, seega ei saanudki mõju olla sama suur kui nendel, kes rakendas vastavad meetmed üheaegselt. Seega võib öelda, et asjatundliku soojustamisega võib saavutada vähemalt 20% soojuse säästu, mis on nõutud minimaalse renoveerimistoetuse taotluse korral.



Graafik 6.1 Soojustagastussüsteemiga soojuspumba ja kaugkütte keskmised osakaalud

Graafik 6.1 ja Tabel 6.1 (eespool) näitavad soojustagastussüsteemiga soojuspumba ja kaugkütte keskmised osakaalusid %-des. Soojustagastussüsteemiga soojuspumba osakaal kõikub vahemikus 39%-77%, kaugkütte osakaal kõikub vahemikus 22%-60%. Korterelamu T1 puhul kaugkütte osakaal on suurem, kui soojuspumba osakaal. Ülejäänud korterelamutes kaugkütte osakaal on tunduvalt vähem, kui soojuspumba osakaal.



Graafik 6.2 Soojustegurite COP ja SCOP väärtused korterelamutes, kus on paigaldatud soojustagastussüsteemiga soojuspumbad

Graafik 6.2 ja Tabel 6.1 (eespool) näitavad soojustagastussüsteemiga soojuspumba soojusteguri COP väärtuseid suve- ja talvekuudel ja soojusteguri SCOP väärtust. Arvutatud COP ja SCOP väärtused sisaldavad ka ventilatsiooniagregaatide poolt tarbitud elektrit, kuna eraldi soojuspumpade ja ventilatsioonisüsteemi poolt tarbitava elektri kogused pole eraldi jälgitavad. Soojustegur SCOP on aastakeskmise soojusteguri COP väärtus. Suvekuudel soojusteguri COP väärtus on vähem, kui talvekuudel. See tähendab, et ei kasutata soojuspumba tööpotsiaali täismahus. Suvekuudel ikkagi tarbitakse soojust kaugküttevõrgust kuni 50% vajalikust kogusest, vaatamata sellele, et soojuspump on võimeline tootma rohkem. Selle üheks põhjuseks on see, et suvekuudel sooja tarbevee jaoks vajatakse kõrgemat temperatuuri.

Tabel 6.2 Soojustamise mõju, soojuspumpade ja kaugkütte keskmised osakaalud ning soojustegurid COP ja SCOP suve- ja talvekuudel korterelamutes, kus on paigaldatud õhk – vesi – soojuspumbad

Korterühistu tähis	Soojustamise mõju (%)	Soojuspumba osakaal taandatud normaalaastale (%)	Keskmine soojuspumba osakaal (%)	Keskmine kaugkütte osakaal (%)	COP suvekuudel	COP talvekuudel	SCOP
H3	-24	78,9	87,5	12,5	2,38	2,31	2,34
H4	-26	83	88,1	11,9	2,42	2,32	2,36
Keskmine:	-25,0	81,0	87,8	12,2	2,35	2,32	2,34

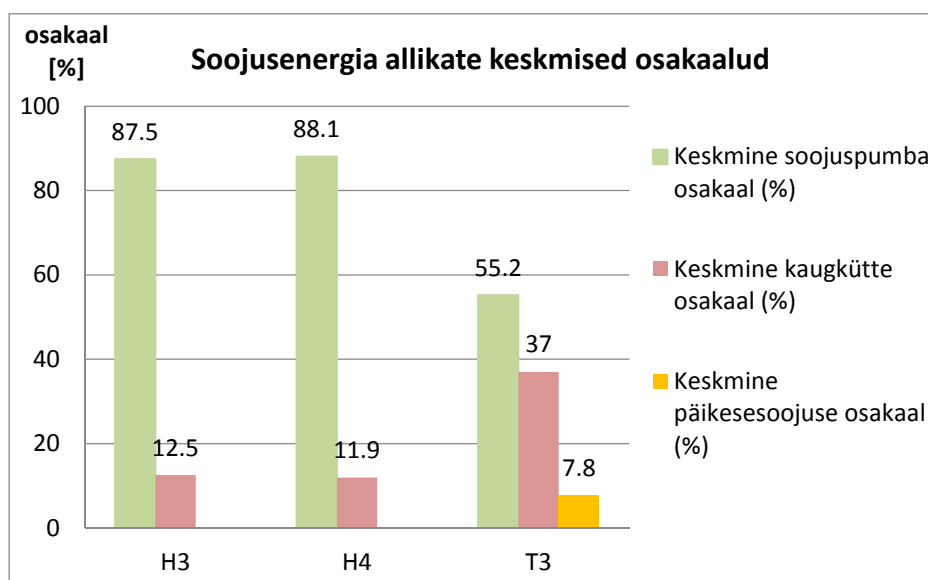
Tabelist 6.2 on näha, et korterelamu soojustamine vähendab kütte, ventilatsiooni ja sooja tarbevee soojuse tarbimist keskmiselt 25,0%. Antud tulemus näitab, kui piirduda ainult korterelamu soojustamisega, siis on saavutatav soojusenergia tarbimiselt 20%-line energiasääst, mis on nõutud minimaalse renoveerimistoetuse taotluse korral. *Kaugkütteseadusega RT I, 12.07.2014, 60* vastuolus olevad soojuspumbad võimaldavad küll toota rohkem soojust soojuspumpadega, mistõttu väheneb kaugkütte osakaal veelgi. Selle arvelt kasvab märgatavalt ka elektri kulu, sest aastane soojustegur 2,3...2,4 on märgatavalt

madalam, kui soojustagastusega soojuspumpade puhul, eriti arvestades, et need sisaldavad ka veel ventilatsioonisüsteemi elektrit.

Tabel 6.3 Korterelamu T3 soojustamise mõju, soojuspumba ja kaugkütte keskmised osakaalud ning COP ja SCOP suve- ja talvekuudel

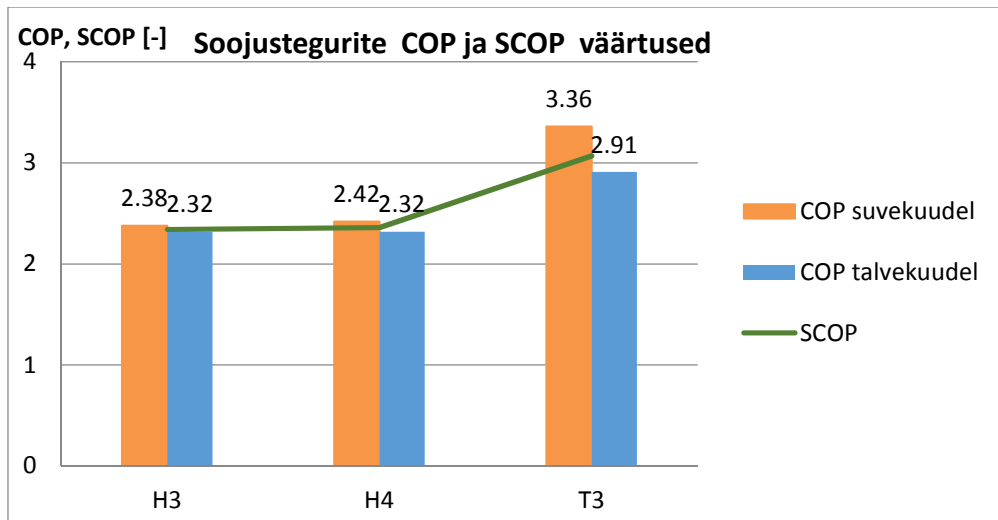
Korterühistu tähis	Soojustamise mõju (%)	Soojuspumba osakaal taandatud normaalaastale (%)	Keskmine soojuspumba osakaal (%)	Keskmine s kaugkütte osakaal (%)	Päikese soojuse keskmine osakaal (%)	COP suvekuudel	COP talvekuudel	SCOP
T3	-18	53	55,2	37,2	7,8	3,36	2,91	3,07

Korterelamu T3 on varustatud õhk – vesi – soojuspumbaga. Lisaks on paigaldatud päikesekollektorid soojuse tootmiseks. Tabelist 6.3 on näha, et soojuspumba osakaal on vähem ja kaugkütte osakaal on suurem, võrreldes korterelamutega H3 ja H4, millised on varustatud ainult õhk – vesi – soojuspumpadega. Päikese-soojuse keskmine osakaal on 14%. Aga soojustegurid COP ja SCOP on üsna kõrgem kui õhk – vesi – soojuspumpadel. Elamus T3 näitajad on võrreldavad parimate soojustagastusega soojuspumpadega.



Graafik 6.3 Soojusenergia allikate keskmised osakaalud korterelamutes, kus on paigaldatud õhk – vesi – soojuspumbad

Graafik 6.3 näitab õhk – vesi – soojuspumba, kaugkütte ja päikesesoojuse keskmised osakaalusid %-des. Õhk – vesi – soojuspumba osakaal kõikub vahemikus 35%-88%, kaugkütte osakaal kõikub vahemikus 11%-37%. Korterialamu T3 puhul päikesesoojuse keskmine osakaal on 7,0%.



Graafik 6.4 Soojustegurite COP ja SCOP väärtused korterialamutes, kus on paigaldatud õhk – vesi – soojuspumbad

Graafik 6.4 näitab soojusteguri COP väärtuseid suve- ja talvekuudel ja soojusteguri SCOP väärtust. Soojustegur SCOP on aastakeskmine soojusteguri COP väärtus. Korterialamutes, kus aastaringiselt soojusteguri COP väärtused on ligikaudu võrdsed, tarbimine soojusvõrgust suvekuudel praktiliselt võrdub nulliga. Suvekuudel soojuspump toodab täismahus sooja tarbevett. Soojuspumba töopotentsiaali kasutatakse mõistlikult. Korterialamutes, kus suvekuudel soojusteguri COP väärtus on suurem, kui talvekuudel, toodetakse sooja tarbevett täiesmahus suvekuudel, aga kaugküttevõrgust ei tarbita midagi. Aga talvekuudel prioriteediks on sooja vee tootmine küttesüsteemi tarbeks. Ülejäänud soojuse vajadused kaetakse kaugküttevõrguga.

Korterialamu renoveerimisprojektides esitatud energiatõhususe arvutused tehakse eeldusel, et soojuspumba soojustegur COP võrdub väärtusega, mis on vahemikus 3,0st 3,5ni. Uuringu tulemuste tulenevalt soojusteguri SCOP väärtus on 2,6. Korterialamu T3 soojusteguri SCOP väärtus on üle 3, aga tuleb arvesse võtta, et antud korterialamu on varustatud õhk – vesi – soojuspumbaga.

Analüüsi käigus on arvutatud kaalutud energiaerikasutuse KEK parameeter. Mõnedes korterialamutes väheneb aastatega soojuspumba osakaal. Sellel põhjusel parameeter KEK on

arvutatud iga kütteperioodi või aasta eraldi, et näha parameetri KEK väärtuse sõltuvust soojuspumba osakaalust erinevatel kütteperioodidel või aastatel. Antud lähenemine võimaldab jälgida parameetri KEK muutuse dünaamikat.

Õhk – vesi – soojuspumbaga varustatud korterelamute H3, H4 ja T3 kaalutud energiaerikasutuse KEK väärtused on arvutatud kütteperioodi lõikes. Saadud tulemused on esitatud Tabelis 6.3.

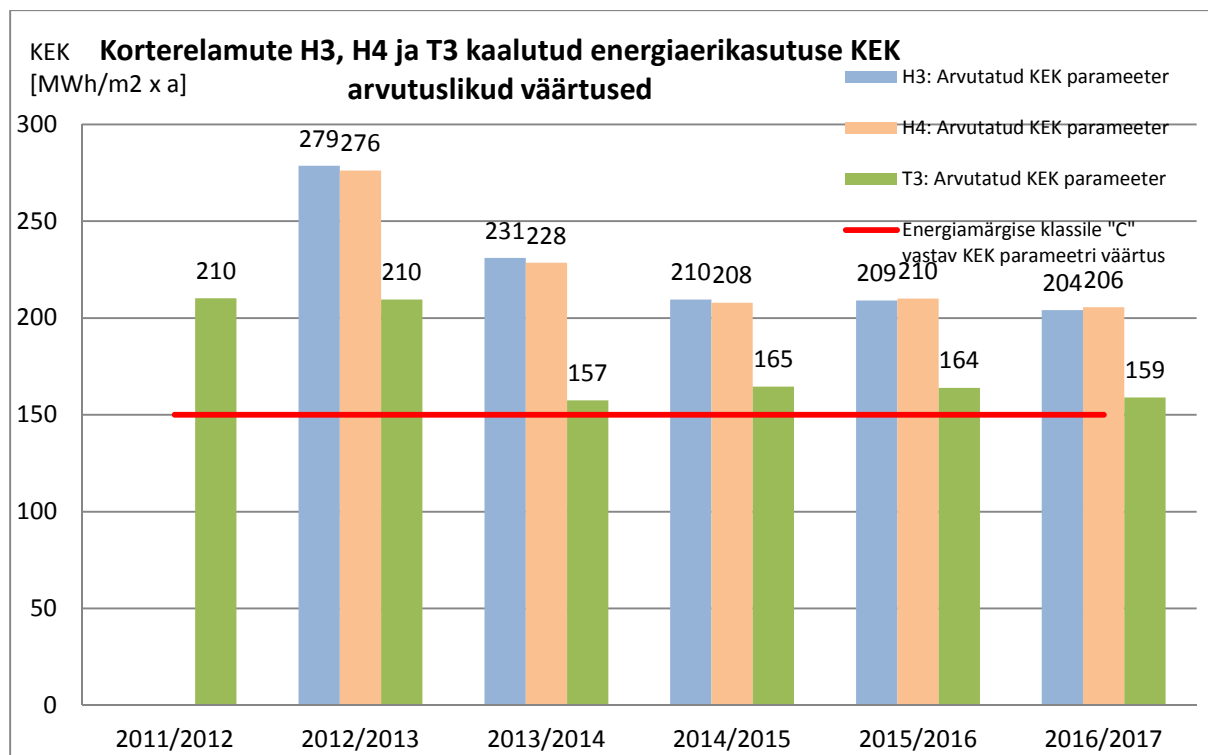
Tabel 6.2 *Õhk – vesi – soojuspumbaga varustatud korterelamute kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutuslikud väärtused kütteperioodi lõikes*

Korterühistu tähis	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2011- juuni 2012a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2012- juuni 2013a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2013- juuni 2014a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2014- juuni 2015a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2015- juuni 2016a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2016- juuni 2017a.
H3: Renoveerimise lõpp 01.02.2014	-	278,6	231,0	209,6	209,0	204,1*
H4: Renoveerimise lõpp 01.02.2014	-	276,2	228,5	207,9	210,0	205,6*
T3: Renoveerimise lõpp 30.09.2013	210,2	209,6	157,5	164,5	164,0	158,9**

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

** - antud kütteperioodi kolme viimase kuu (aprill, mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Tabelist 6.3 on näha, millal oli tehtud korterelamute H3, H4 ja T3 renoveerimine, ja kuidas ta on mõjutanud kaalutud energiaerikasutuse KEK väärtusi. Uuringu käigus saadud tulemuste alusel on tehtud allpool toodud graafik (Graafik 6.5), kus need tulemused võrreldatakse energiamärgise klassi „C“ kehtestatud ülempiiriga.



Graafik 6.5 Korterelamute H3, H4 ja T3 kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutuslikud väärtused

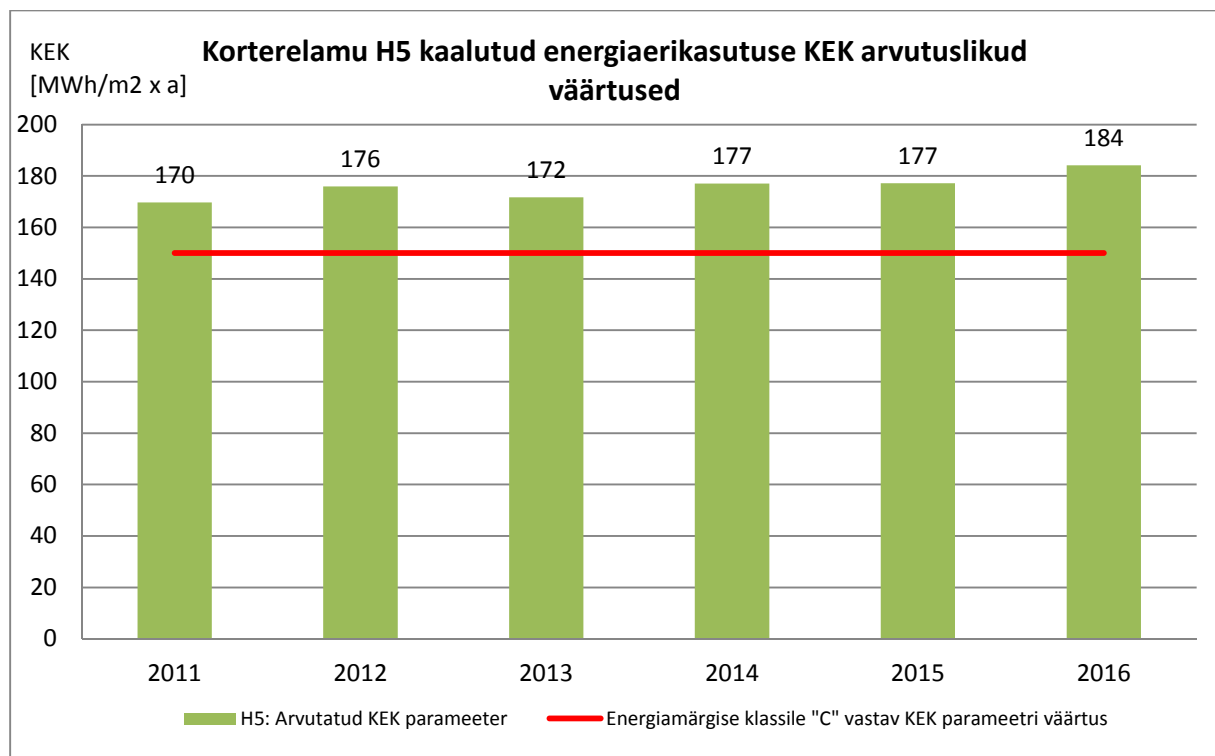
Graafik 6.5 näitab antud korterelamute H3, H4 ja T3 parameetri KEK muutuse dünaamikat. Samuti Graafikust 6.3 on näha, et õhk – vesi – soojuspumba korral parameetri KEK väärtus kõikub kütteperioodide lõikes. Korterelamutes H3 ja H4 õhk – vesi – soojuspumpade korral parameetri KEK väärtus praktiliselt ei muutu kütteperioodide lõikes, vaid kõikub 210 väärtuse umber. Korterelamuse T3 õhk – vesi – soojuspumba korral kaalutud energiaerikasutus praktiliselt ei muutu kütteperioodide lõikes, vaid kõikub 160 väärtuse umber. Korterelamuse T3 soojuspumba osakaal kõikub ka kütteperioodide lõikes (vt Lisa 3). Arvutuse meetodika koheselt tehtud arvutused näitavad, et õhk – vesi – soojuspumbaga varustatud korterelamute energiamärgise klassid ei vasta „C“ klassile.

Soojustagastussüsteemiga soojuspumbaga varustatud korterelamuse H5 kaalutud energiaerikasutuse KEK parameeter on arvutatud kalendaaraasta lõikes, kuna 2017 aasta soojuse tarbimise andmed polnud esitatud. Vaadeldava perioodi jooksul antud korterelamuse paigaldatud süsteem oli seisatud ja peale rikkete kõrvaldamist ja osiste vahetamist taaskäivitatud. Saadud tulemused on esitatud Tabelis 6.4.

Tabel 6.3 Korterelamu H5 kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutuslikud väärtused kalendaaraasta lõikes

Korterühistu tähis	Arvutuslik KEK väärtus 2011a.	Arvutuslik KEK väärtus 2012a.	Arvutuslik KEK väärtus 2013a.	Arvutuslik KEK väärtus 2014a.	Arvutuslik KEK väärtus 2015a.	Arvutuslik KEK väärtus 2016a.
H5: Renoveerimise lõpp 31.12.2010	169,7	175,9	171,7	177,1	177,2	184,1

Tabelist 6.4 on näha, millal oli tehtud korterelamu H5 renoveerimine, ja mis väärtusega on renoveerimisjärgne parameeter KEK. Uuringu käigus saadud tulemuste alusel on tehtud allpool toodud Graafik 6.6, kus need tulemused võrreldakse energiamärgise klassi „C“ kehtestatud ülempiiriga.



Graafik 6.6 Korterelamu H5 kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutuslikud väärtused

Graafik 6.6 näitab antud korterelamu H5 parameetri KEK muutuse dünaamikat. Peale selle Graafikust 6.6 on näha, et arvutuse meetodika koheselt soojustagastussüsteemiga soojuspumbaga korterelamu H5 ei oma „C“ energiamärgise klassi.

Soojustagastussüsteemiga soojuspumbaga varustatud korterelamute H7, T1, T4, T5, T9, T10 ja T12 kaalutud energiaerikasutuse KEK väärtused on arvatud kütteperioodi lõikes. Saadud tulemused on esitatud Tabelis 6.5.

Tabel 6.4 Soojustagastusega soojuspumbaga varustatud korterelamute kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutuslikud väärtused kütteperioodi lõikes

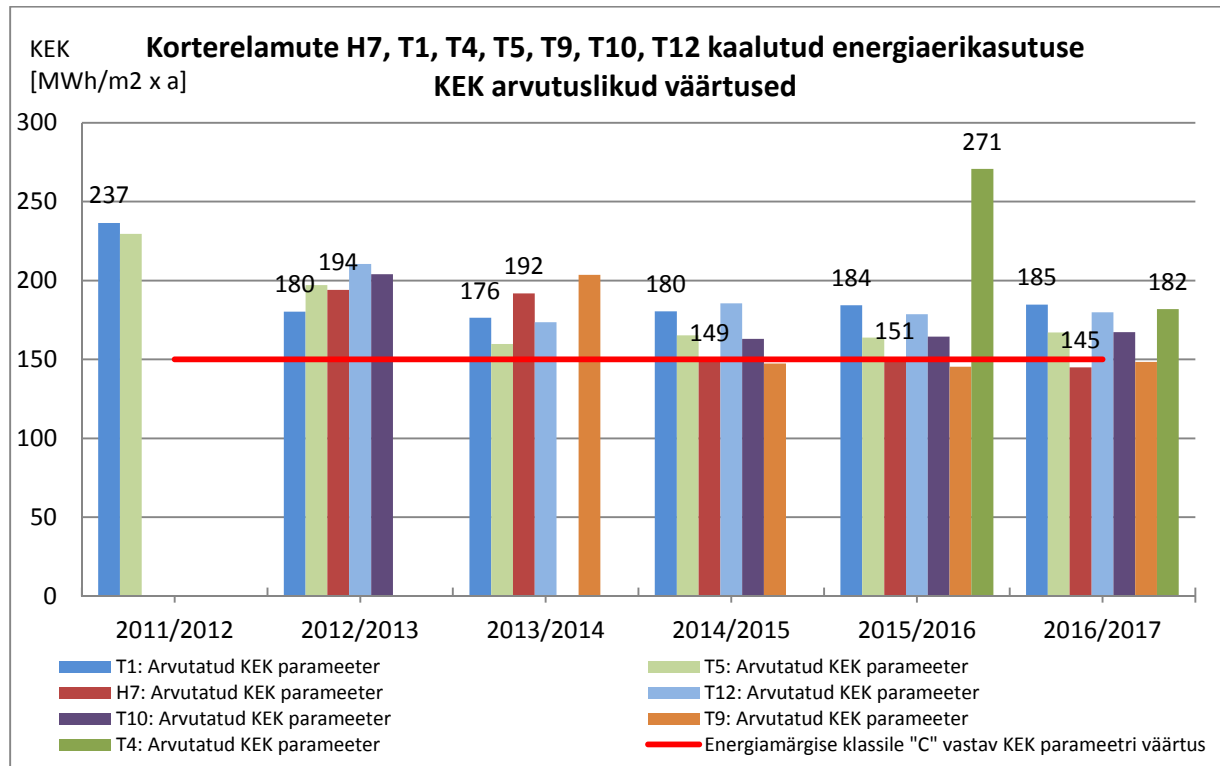
Korterühistu tähis	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2011- juuni 2012a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2012- juuni 2013a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2013- juuni 2014a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2014- juuni 2015a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2015- juuni 2016a.	Arvutuslik KEK väärtus juuli 2016- juuni 2017a.
H7: Renoveerimise lõpp 09.07.2014	-	194,1	191,9	149,4	150,8	145,1*
T1: Renoveerimise lõpp 27.09.2012	236,5	180,2	176,4	180,5	184,3	184,8*
T4: Renoveerimise lõpp 29.04.2016	-	-	-	-	270,7	182,0*
T5: Renoveerimise lõpp 31.12.2013	229,6	197,2	159,9	165,3	164,0	167,2**
T9: Renoveerimise lõpp 21.08.2014	-	-	203,6	147,5	145,4	148,5*
T10: Renoveerimise lõpp 31.12.2013	-	204,0	-	163,0	164,5	167,4*
T12: Renoveerimise lõpp 30.09.2013	-	210,4	173,6	185,5	178,7	179,9*

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

** - antud kütteperioodi kolme viimase kuu (aprill, mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Tabelist 6.5 on näha, millal oli tehtud korterelamute H7, T1, T4, T5, T9, T10 ja T12 renoveerimine, ja kuidas ta on mõjutanud kaalutud energiaerikasutuse KEK väärtusi. Uuringu

käigus saadud tulemuste alusel on tehtud allpool toodud Graafik 6.7, kus need tulemused võrreldatakse energiamärgise klassi „C“ kehtestatud ülempiiriga.



Graafik 6.7 Korterelamu H7, T1, T4, T5, T9, T10 ja T12 kaalutud energiaerikasutuse KEK arvutuslikud väärtused

Graafik 6.7 näitab antud korterelamute H7, T1, T4, T5, T9, T10 ja T12 parameetri KEK muutuse dünaamikat. Korterelamute T1, T5, T10 parameeter KEK kindlalt suureneb kütteperioodidega ja ei vasta energiamärgise „C“ klassile. Korterelamu T9 kaalutud energiaerikasutuse väärtus ka pidevalt kasvab, aga jääb alla energiamärgise klassi „C“ kehtestatud ülempiiri. Korterelamu H7 arvutuslik kaalutud energiaerikasutus kõikub energiamärgise klassi „C“ kehtestatud ülempiiri ümber. Korterelamu T12 parameetri KEK väärtus kõikub kütteperioodide lõigus. See on tingitud sellest, et antud korterelamus paigaldatud soojuspumbas on vahetatud kompressor. Vaatamata sellele arvutatud KEK parameeter ei vasta energiamärgise „C“ klassile.

Riigikogu poolt kehtestatud 01.07.2015 Ehitusseadustiku §66 p.3 kohaselt tegeliku energiatarbimise kohta antud energiamärgise kehtivusaeg on kümme aastat. [33]

Elektritarbimise andmete puudumisel on kasutatud esitatud Majandus- ja taristuministri määruses nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele¹“, lisa 5 metoodikat,

mille kohaselt elektritarbimine arvutatakse, lähtudes köetavast pinnast ja elektri kasutamise otstarbest. [3]

Kuigi soojuslikus mõttes ei oma üldine elektritarbimine tähtsust, siis parameetri KEK arvutamisel on see kriitilise tähtsusega, sest netoelektritarve köetava pinna ühiku kohta korterelamutes, kus toiduvalmistamiseks kasutatakse põhiliselt elektrit, võrdub $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Korrutades seda väärtust kaalumisteguriga, mis võrdub 2, parameetri KEK väärtuses üldelektri osa võrdub 80.

Uuringu tulemuste tulenevalt mõjutab soojuspumpade kasutamine negatiivselt kaugküttesüsteemi talitlust. Selle põhjuseks on nii tarbitava soojuskandja mahu vähenemine, tarbimise ettearvamatus kui ka tagastuva soojuskandja temperatuuri tõus.

Tehtud võrdlusanalüüs näitab, et antud korterelamus peale soojuspumba käivitust tarbitava soojuskandja maht on märgatavalt vähenenud. Enne soojuspumba käivitust suvekuudel soojuskandja tarbimine oli vahemikus $500 \dots 1000 \text{ m}^3$ ja talvekuudel – $1900 \dots 2600 \text{ m}^3$. Peale soojuspumba käivitust on tunduvalt vähenenud. Suvekuudel tarbitakse soojuskandjat mahus $180 \dots 300 \text{ m}^3$, talvekuudel – $300 \dots 1200 \text{ m}^3$. See on tingitud sellest, et oma soojusallikast toodetud soojust kasutatakse esimesena. Kuigi energiabilansid kuude lõikes on näidanud, et paigaldatud süsteemi rikke või soojuse puudujäägi korral tarbitakse soojusenergiat kaugküttevõrgust, mille tagajärjeks on soojuskandja tarbimise ettearvamatus.

Kuna soojuskandja tarbimise maht väheneb, siis suureneb selle tagastuv temperatuur. Enne soojuspumpade paigaldust peale- ja tagasivoolu temperatuuride vahe oli stabiilne vastavalt aastaajale, talvekuudel on ta kõrgem, suvekuudel - madalam. Peale soojuspumpade paigaldust on soojuskandja temperatuuride vahe vähenenud keskmiselt 8°C võrra. Aga soojuspumpade kasutamise pärast kõikub tagasivoolu temperatuur aastaringselt 40°C ümber. Kuna pealevoolu temperatuur muutub vastavalt aastaajale, aga tagasivoolu temperatuur kõikub ühe väärtuse ümber aastaringselt, siis soojuskandja temperatuuride vahe on üsna väike aprillist oktoobrini, kui selle väärtus on keskmiselt vaid 10°C , kuigi kaugkütte tehnilistes tingimustes on eeldatud $25^\circ\text{C} \dots 30^\circ\text{C}$.

Lõputöö kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärk on uurida konkreetsetel, aga töös anonüümsetel näidetel korterelamute renoveerimise terviklikkuse ja soojuspumpade tootlikkuse mõju kaugküttesüsteemi talitlusele, silmas pidades riigipoolset energiapolitiikat.

SA Kredex'i maksimaalse toetusmäära saavutamise nõue on energiatõhususarvu ETA väärtus 150. See eeldab tsentraalse soojustagastusega sundventilatsiooni või ventilatsiooniõhu kasutamist. Viimane ongi kohapealne oma tootmiseseade.

Kohapealsete tootmiseseadmetena kasutatakse väljatõmbe- või väljatõmbe – sissepuhke ventilatsioonisüsteemiga soojuspumpasid. Mõlema ventilatsioonisüsteemi korral kasutatakse ventilatsiooni kaudu lahkuva õhu soojusenergiat ja edastatakse selle soojuspumpa. Katusel paigaldatakse soojusvahetid. Väljatõmbeventilatsiooni korral liigub välisõhk ruumidesse läbi välisseintes olevate klappide. Väljatõmbe – sissepuhke ventilatsiooni korral on lisatud eraldi kanalitesüsteem puhutava värske õhu jaoks. Mõningatel juhtudel on paigaldatud ventilatsiooniõhu soojuspumpade asemel hoopis ka tavalisi õhk – vesi – soojuspumpad, mille õhuvõtu juurde võidakse tuua ka ventilatsiooni heitõhu kanal. Antud tehniline lahendus ei vasta *Kaugkütteseaduse nõuetele, RT I, 12.07.2014, 60*, mille kohaselt on lubatud kasutada vaid kütusevabu taastuvaid allikaid, milleks on päikeseenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, tuuleenergiat ja sellest muundatud soojusenergiat, maasoojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist valmistatud elektrienergiat, hoones kasutatud ja sealt (ventilatsiooni, kanalisatsiooni jms kaudu) eralduvat soojust ja sellest muundatud soojusenergiat, kasutades selleks taastuvallikaist muundatud elektrienergiat.

Analüüs põhineb 11 korterelamu poolt esitatud andmetel. Antud korterelamute asukohaks on Harju maakond. Juhendaja poolt koostatud mudeli alusel on iga korterelamu kohta koostatud energiabilanss nii kuude kui ka kütteperioodide lõikes, mis näitab korterelamu soojustamise osakaalu soojuse tarbimise vähenemises, soojuspumpade poolt toodetud soojusenergia osakaalu elamu vajalikust soojusest, kaugküttevõrgust suve- ja talvekuudel tarbitud soojuse osakaalu, soojustegurit COP.

Minimaalse renoveerimistoetuse korral peab olema saavutatud korterelamu rekonstrueerimisega vähemalt 20%-lise arvutusliku energiasäästu soojuse tarbimiselt.

Analüüsi tulemused tõestavad püstitatud eesmärgi saavutamist, kuna korterelamu soojustamise mõju keskmine osakaal on 24,3%.

Korterelamute energiabilansid andsid võimalust hinnata soojuspumpade ja kaugkütte osakaalu suve- ja talvekuudel. Korterelamutes, kus on paigaldatud soojustagastussüsteemiga soojuspumbad, soojuspumba osakaal moodustab keskmiselt 62,5% lõpptarbimisest, kaugkütte osakaal – keskmiselt 37,5%. Energiabilanss kajastab soojuspumba tootlikkuse võimet, mida tihti peale ei kasutata suvekuudel, vaid jätkatakse kaugküttevõrgust soojuse tarbimist. Sellest on tingitud madal soojusteguri COP väärtus suvekuudel. Soojustagastussüsteemiga soojuspumpade parameetri COP keskmine väärtus suvekuudel on 2,23, talvekuudel – 2,9, aasta keskmine – 2,65. Korterelamutes, kus on paigaldatud õhk – vesi – soojuspumbad, soojuspumba osakaal moodustab keskmiselt 87,8% lõpptarbimisest, kaugkütte osakaal – keskmiselt 12,2%. Korterelamus, kus on paigaldatud õhk – vesi – soojuspumbad ja päikesekollektorid, soojuspumba osakaal moodustab keskmiselt 55,2% lõpptarbimisest, kaugkütte osakaal – keskmiselt 37,0%, päikesesoojuse osakaal – keskmiselt 7,8%. Korterelamutes, kus aastaringelt soojusteguri COP väärtused on ligikaudu võrdsed, tarbimine soojusvõrgust suvekuudel praktiliselt võrdub nulliga. Suvekuudel soojuspump toodab täismahus sooja tarbevett. Soojuspumba tootlikkuse võimet kasutatakse mõistlikult. Korterelamutes, kus suvekuudel soojusteguri COP väärtus on suurem, kui talvekuudel, toodetakse sooja tarbevett täiesmahus suvekuudel, aga kaugküttevõrgust ei tarbita midagi. Aga talvekuudel prioriteediks on sooja vee tootmine küttesüsteemi tarbeks. Ülejäänud soojuse vajadused kaetakse kaugküttevõrguga. Õhk – vesi – soojuspumpade parameetri COP keskmine väärtus suvekuudel on 2,35, talvekuudel – 2,32, aasta keskmine – 2,34. Need väärtused pole kaugeltki selliseid, mida kasutatakse renoveerimisprojektide koostamisel. Korterelamu renoveerimisprojektides esitatud energiatõhususe arvutused tehakse eeldusel, et soojuspumba soojustegur COP võrdub väärtusega, mis on vahemikus 3,0 – 3,5. Erandjuhtumiks on korterelamu, kus peale soojuspumba kasutatakse soojuse tootmise lisaallikana päikesekollektoreid. Antud juhul paigaldatud õhk – vesi – soojuspumba keskmine soojustegur COP suvekuudel on 3,36, talvekuudel – 2,91, aasta keskmine – 3,07. Selle korterelamu näitajad on võrreldavad parimate soojustagastusega soojuspumpadega.

Analüüsites detailsemalt soojusenergia allikate osakaalusid võib väita, et aastatega soojuspumba osakaal väheneb, kui ei olnud vahetatud mõned osised. Pole ka erinevust, kas tegemist on soojustagastusega soojuspumbaga või õhk – vesi – soojuspumbaga. Samal ajal

kaugkütte osakaal suureneb aastatega. Sellel põhjusel parameeter KEK on arvatud iga kütteperioodi või aasta lõikes, et näha parameetri KEK väärtuse sõltuvust soojuspumba osakaalust erinevatel kütteperioodidel või aastatel. Antud lähenemine võimaldab jälgida parameetri KEK muutuse dünaamikat. Vastavalt tegelike tarbimisandmete alusel arvatud väärtustele saavutasid ainult kaks korterelamut analüüsitud üheteistkümnest Kredexi toetuse tulemusel nõutud energiatõhususe „C“ klassi. Vastavalt kaugkütte osakaalu suurenemisele suureneb ka kaalutud energiaerikasutuse KEK väärtus, mis omakorda võib saada korterelamule ette antud energiamärgise klassi muutuse põhjuseks. Kuna arvutuslikud kaalutud energiaerikasutuse KEK väärtused võivad erineda teineteist energiamärgise kehtivusaja alguses ja lõpus. Halvemal juhul see erinevus toob kaasa energiamärgise klassi muutusele. Aga see on üks võimalikest tulevase uuringu suundadest, mis võib panna energiamärgise kehtivusaega läbi vaatama, kuna Riigikogu poolt kehtestatud *01.07.2015 Ehitusseadustiku §66 p.3 kohaselt* tegeliku energiatarbimise kohta antud energiamärgise kehtivusaeg on kümme aastat, mis võib osutada kujunenud olukorras üsna pikaks perioodiks.

Soojuspumpade kasutamine mõjutab negatiivselt kaugküttesüsteemi talitlust. Selle põhjusteks on tarbitava soojuskandja mahu vähenemine, tarbimise ettearvamatus, tagastuva soojuskandja temperatuuri tõus ja süsinikdioksiidi (CO₂) heitkoguste suurenemine. Kuna oma soojusallikast toodetud soojust kasutatakse esimesena, siis väheneb kaugküttevõrgust tarbitava soojuskandja maht, mille tulemusena suureneb soojuskandja tagastuv temperatuur. Kuigi paigaldatud süsteemi rikke või soojuse puudujäägi korral tarbitakse soojusenergiat kaugküttevõrgust, mille tagajärjeks on soojuskandja tarbimise ettearvamatus. Vähenenud soojuse tarbimine ja suurenenud elektri tarbimine ei vähenda kütuste ressurside tarbimist koostootmisjaamas. Sellel põhjusel ei vähenda kohapealne soojuse tootmine soojuspumpadega riigi primaarenergia tarbimist, vaid suurendab süsinikdioksiidi (CO₂) heitkoguste osakaalu. Selline olukord mõjutab negatiivselt koostootmisjaamade ja katlamajade talitlust, mille tulemusena nende efektiivsus väheneb, aga soojuse hind tõuseb. Soojuspumpade kasutamise soodustamisel võib isegi väga efektiivse ja taastuvkütuseid kasutava kaugküttesüsteemi ülesandeks jääda ainult talvise tippkoormuse katmine, mis võib muuta kaugküttesüsteemi pikemas perspektiivis ebaefektiivseks.

Kirjandus

- [1] Majandus- ja taristuministri määrus nr 58, „Riigi Teataja,“ 5 märts 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/109062015021>. [Kasutatud 1 aprill 2017].
- [2] Majandus- ja taristuministri määrus nr 55, „Riigi Teateja,“ 1 juuli 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/128022017002>. [Kasutatud 1 aprill 2017].
- [3] Majandus- ja taristuministri määrus nr 36, „Riigi Teataja,“ 1 juuli 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052015002?leiaKehtiv>. [Kasutatud 1 aprill 2017].
- [4] Euroopa Liidu Teataja, „EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2010/31/EL,“ 19 mai 2010. [Võrgumaterjal]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:ET:PDF>. [Kasutatud 05 märts 2017].
- [5] A. Paist ja A. Poobus, *Soojugeneraatorid*, Tallinn: TTÜ KIRJASTUS, 2008.
- [6] Eesti Soojuspumba Liit, „Maasoojuspump,“ Eesti Soojuspumba Liit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.soojuspumbaliit.ee/Maasoojuspump>. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [7] Eesti Soojuspumba Liit, „Õhksoojuspump,“ Eesti Soojuspumba Liit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.soojuspumbaliit.ee/Ohksoojuspumbad>. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [8] Eesti Soojuspumba Liit, „Õhk - õhk - soojuspump,“ Eesti Soojuspumba Liit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.soojuspumbaliit.ee/Ohk-ohk-soojuspumbad>. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [9] Eesti Soojuspumba Liit, „Õhk - vesi - soojuspump,“ Eesti Soojuspumba Liit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.soojuspumbaliit.ee/Ohk-vesi-soojuspumbad>. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [10] Eesti Soojuspumba Liit, „Väljatõmbeõhu soojuspumbad,“ Eesti Soojuspumba Liit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.soojuspumbaliit.ee/Valjatombeho>

- soojuspumbad. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [11] European Heat Pump Association, „Glossary,“ European Heat Pump Association, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ehpa.org/technology/glossary/>. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [12] R. Perälä, Soojuspumbad, Tallinn: Ehitame, 2010.
- [13] Riigikogu "Kaugkütteseadus", RT I, 12.07.2014, 60, „Riigi Teataja,“ 01 juuli 2011. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/KK%C3%BCtS>. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [14] Profener OÜ, „Tooted,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://profener.ee/tooted/#pilpit3>. [Kasutatud 17 märts 2017].
- [15] Varpo Grupp OÜ, *HEATCATCHERI UUDISED 2016*, Tallinn, 2016.
- [16] Movek Grupp OÜ, „Gapsal Movek Grupp,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.movekgrupp.com/est/avaleht>. [Kasutatud 10 märts 2017].
- [17] TTÜ Soojustehnika instituut ja TTÜ Ehitiste projekteerimise instituut, „SOOJUSE PARALLEELTARBIMISE MÕJU KAUGKÜTTESÜSTEEMILE,“ Tallinn, 2016.
- [18] M. Valdma, H. Tammoja ja M. Keel, SOOJUSELEKTRIAAMADE TALITLUSE OPTIMEERIMINE, Tallinn: TTÜ KIRJASTUS, 2008, p. 188.
- [19] M. Thalfeldt, J. Kurnitski ja E. Latõšov, „The Effect of Exhaust Air Heat Pump on District Heat Energy Use and Return Temperature,“ %1 *ResearchGate*, Heiselberg, Per Kvols, 2016.
- [20] V. Mashatin, S. Link ja A. Siirde, „The Impact of Alternative Heat Supply Options on CO2 Emission and District Heating System,“ *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, 39, pp. 1105-1110, 2014.
- [21] Euroopa Parlament, „Energiapoliitika üldpõhimõtted,“ detsember 2016. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/et/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.1.html. [Kasutatud 24 aprill 2017].

- [22] Euroopa Liidu Teataja, „EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2012/27/EL,“ 25 oktoober 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0027>. [Kasutatud 25 aprill 2017].
- [23] Euroopa Liidu Teataja, „EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2009/28/EÜ,“ 23 aprill 2009. [Võrgumaterjal]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:ET:PDF>. [Kasutatud 25 aprill 2017].
- [24] Eesti Arengufond, „ENMAK 2030. Soojusmajanduse stsenaariumid,“ Eesti Arengufond, 4 aprill 2016. [Võrgumaterjal]. Available: https://energiatalgud.ee/index.php/ENMAK_2030._Soojusmajanduse_stsenaariumid. [Kasutatud 25 aprill 2017].
- [25] Majandus- ja taristuministri määrus nr 23, „Riigi Teataja,“ 27 märts 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/113042017004?leiaKehtiv>. [Kasutatud 24 aprill 2017].
- [26] SA KredEx, „Rekonstrueerimise toetuse otsuse saanud korterelamud,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://kredex.ee/korteriuhistu/korteriuhistu-toetused/rekonstrueerimise-toetus/rekonstrueerimise-toetuse-otsuse-saanud-korterelamud/>. [Kasutatud 25 aprill 2017].
- [27] Riigi Kliimateenistus, „Kliimakaardid,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimakaardid/>. [Kasutatud 10 märts 2017].
- [28] Majandus- ja taristuministri määrus nr 28, „Riigi Teataja,“ 08 aprill 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/110042015006>. [Kasutatud 05 aprill 2017].
- [29] E. Loigu ja T.-A. Kõiv, „EESTI KRAADPÄEVAD,“ Tallinn, 2006.
- [30] SA KredEx, „Kraadpäevad,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.kredex.ee/energiatohususest/kraadpaevad-4/>. [Kasutatud 10 märts 2017].
- [31] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Ehitisregister,“ [Võrgumaterjal].

Available: <https://www.ehr.ee/app/esileht?0>. [Kasutatud 10 märts 2017].

[32] H. Arro, A. Koni, A. Kull, I. Mikk , A. Ots, A. Poobus, H. Rooraid ja L. Õispuu, Soojustehnika käsiraamat, Tallinn: Valgus, 1977.

[33] Riigikogu "Ehitusseadustik", RT I, 25.01.2017, 7, „Riigi Teataja,“ 1 juuli 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001?leiaKehtiv>. [Kasutatud 10 aprill 2017].

Lisad

Lisa 1: Korterelamute üldtehnilised andmed, 1 lt, A4

Lisa 2: Tegelik ja normaalaasta välisõhu temperatuur (Tallinn – Harku), 1 lt, A4

Lisa 3: Soojuspumpade ja kaugkütte osakaalude detailsem analüüs, 3 lt, A4

Lisa 4: Korterelamute kaalutud energiaerikasutuse KEK parameetri arvutused, 11 lt, A4

LISA 1

Korterelamute üldtehnilised andmed

Korterelamu tähis	Korteri arvv	Korruste arvv	Trepikodade arvv	Netopind, m ²	Maht, m ³	Köetav pind, m ²	Eluruumide pind, m ²
H3	66	5	4	4374	16153	-	3175
H4	50	5	3	3211	11143	-	2022
H5	60	5	4	3939	13254	3317	3036
H7	60	5	4	3959	12551	3327	3047
T1	72	9	2	4880	15640	4258	3840
T3	30	5	3	2804	10239	2367	2046
T4	33	4	2	1505	5781	1240	1128
T5	162	9	5	13076	49623	10680	10624
T9	60	5	4	3528	10643	-	2683
T10	120	5	8	7440	22415	-	5706
T12	90	5	6	5674	17149	-	4361

LISA 3

Soojuspumpade ja kaugkütte osakaalud kütteperioodide lõikes.

Korterelamu: H3	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
		Suvekuud	Talvekuud	Aastane	Suvekuud	Talvekuud	Aastane
Renoveerimise lõpp 01.02.2014, Paigaldatud õhk – vesi – soojuspump	2014/2015	98,3%	84,7%	89,8%	1,7%	15,3%	10,2%
	2015/2016	100%	81,0%	87,3%	0%	19,0%	12,7%
	2016/2017*	100%	80,8%	88,8%	0%	19,2%	11,2%
Korterelamu: H4	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 01.02.2014, Paigaldatud õhk – vesi – soojuspump	2014/2015	99,2%	83,4%	89,9%	0,8%	16,6%	10,1%
	2015/2016	100%	81,1%	89,0%	0%	18,9%	11,0%
	2016/2017*	100%	82,5%	89,8%	0%	17,5%	10,2%
Korterelamu: H5	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 31.12.2010, Paigaldatud soojustagastusega soojuspump	2011	88%	46,8%	64%	12%	53,2%	36%
	2012	58,7%	45,3%	50,9	41,3%	54,7%	49,1%
	2013	85,7%	46,1%	62,6%	14,3%	53,9%	37,4%
	2014	47,5%	48,4%	48%	52,5%	51,6%	52%
	2015	75%	46,7%	58,5%	25%	53,3%	41,5%
	2016	78,4%	45,2%	59,1%	21,6%	54,8%	40,9%
Korterelamu: H7	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 09.07.2014, Paigaldatud soojustagastusega soojuspump	2014/2015	49,5%	66,4%	59,4%	50,5%	33,6%	40,6%
	2015/2016	41,3%	65,8%	55,6%	58,7%	34,2%	44,4%
	2016/2017*	37,0%	59,4%	50,1%	63,0%	40,6%	49,9%
Korterelamu: T1	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 27.09.2012, Paigaldatud soojustagastusega	2013/2014	49,2%	41,3%	44,6%	50,8%	58,7%	55,4%
	2014/2015	46,8%	39,9%	42,8%	53,2%	60,1%	57,2%
	2015/2016	45,1%	34,1%	38,7%	54,9%	65,9%	61,3%

soojuspump	2016/2017*	31,3%	30,4%	30,8%	68,7%	69,6%	69,2%
Korterelamu: T4	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 01.04.2016, Paigaldatud soojustagastusega soojuspump		Suvekuud	Talvekuud	Aastane	Suvekuud	Talvekuud	Aastane
	2016/2017*	94,0%	65,9%	77,6%	6,0%	34,1%	22,4%
Korterelamu: T5	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 31.12.2013, Paigaldatud soojustagastusega soojuspump		Suvekuud	Talvekuud	Aastane	Suvekuud	Talvekuud	Aastane
	2013/2014	63,2%	64,2%	63,8%	36,8%	35,8%	36,2%
	2014/2015	76%	62,8%	68,3%	24,0%	37,2%	31,7%
	2015/2016	84,6%	55,5%	67,6%	15,4%	44,5%	32,4%
	2016/2017**	69,1%	57,4%	62,3%	30,9%	42,6%	37,7%
Korterelamu: T9	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 21.08.2014, Paigaldatud soojustagastusega soojuspump		Suvekuud	Talvekuud	Aastane	Suvekuud	Talvekuud	Aastane
	2015/2016	92,9%	70,3%	79,7%	7,1%	29,7%	20,3%
	2016*	88,2%	62,0%	72,9%	11,8%	38,0%	27,1%
Korterelamu: T10	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 31.12.2013, Paigaldatud soojustagastusega soojuspump		Suvekuud	Talvekuud	Aastane	Suvekuud	Talvekuud	Aastane
	2014/2015	87,9%	75,9%	80,9%	12,1%	24,1%	19,1%
	2015/2016	81,5%	74,1%	77,2%	18,5%	25,9%	22,8%
	2016/2017*	80,3%	53,1%	64,4%	19,7%	46,9%	35,6%
Korterelamu: T12	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		
Renoveerimise lõpp 30.09.2013, Paigaldatud soojustagastusega soojuspump		Suvekuud	Talvekuud	Aastane	Suvekuud	Talvekuud	Aastane
	2014/2015	78,4%	42,6%	57,5%	21,6%	57,4%	42,5%
	2015/2016	56,8%	51,0%	53,4%	43,2%	49,0%	46,6%
	2016/2017*	62,3%	50,6%	55,5%	37,7%	49,4%	44,5%
Korterelamu: T3	Aasta	Soojuspumba osakaal			Kaugkütte osakaal		

Renoveerimise lõpp 30.09.2013, Paigaldatud õhk – vesi – soojuspump		Suvekuud	Talvekuud	Aastane	Suvekuud	Talvekuud	Aastane
	2014/2015	70,0%	60,2%	62,1%	7,1%	36,7%	30,9%
	2015/2016	48,4%	55,2%	54,1%	18,2%	41,7%	38,0%
	2016/2017**	29,0%	61,1%	56,4%	35,8%	36,1%	36,0%
	Aasta	Päikese soojuse osakaal					
		Suvekuud	Talvekuud	Aastane			
	2014/2015	22,9%	3,1%	7,0%			
	2015/2016	33,4%	3,1%	7,9%			
	2016/2017**	35,2%	2,8%	7,6%			

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

** - antud kütteperioodi kolme viimase kuu (aprill, mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

LISA 4

Korterelamute kaalutud energiaerikasutuse KEK parameetri arvutused

Korterelamu „H3“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Köetav pind	3175	3175	3175	3175	3175
Energiakulu küttele, MWh	502.3	197.4	0.0	25.4	0.0
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	221.9	172.1	67.7	68.0	70.6
Elektrienergia, MWh	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	0.0	60.0	175.2	164.5	165.2
Gaasi tarbimine, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	478.6	227.4	0.0	21.6	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	430.7	204.7	0.0	19.4	0.0
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	199.7	154.9	61.0	61.2	63.5
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	254.0	374.0	604.4	583.0	584.4
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	884.4	733.5	665.4	663.6	647.9
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	278.6	231.0	209.6	209.0	204.1
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „H4“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Köetav pind	2022	2022	2022	2022	2022
Energiakulu küttele, MWh	320.1	136.6	0.0	12.5	0.0
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	136.4	104.1	42.1	38.9	38.1
Elektrienergia, MWh	80.9	80.9	80.9	80.9	80.9
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh		33.7	110.4	109.2	109.8
Gaasi tarbimine, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	304.4	154.6	0.0	10.6	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	274.0	139.1	0.0	9.5	0.0
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	122.8	93.7	37.9	35.0	34.3
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	161.8	229.2	382.6	380.2	381.4
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	558.5	462.0	420.5	424.7	415.7
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	276.2	228.5	207.9	210.0	205.6
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „H5“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Aasta	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Köetav pind	3317	3317	3317	3317	3317	3317
Energiakulu küttele, MWh	69.4	82.9	60.4	55.1	50.6	83.4
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	104.6	133.6	118.6	150.1	134.9	123.6
Elektrienergia, MWh	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	70.1	65.7	70.8	67.0	70.8	78.4
Gaasi tarbimine, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	70.3	73.9	62.2	58.9	66.1	85.8
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	63.3	66.5	56.0	53.0	59.5	77.2
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	94.1	120.2	106.7	135.1	121.4	111.2
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	405.6	396.8	407.0	399.4	407.0	422.2
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	563.0	583.5	569.7	587.5	587.9	610.6
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	169.7	175.9	171.7	177.1	177.2	184.1
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150	150

Korterelamu „H7“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Kõetav pind	3327	3327	3327	3327	3327
Energiakulu küttele, MWh	291.7	236.4	33.1	33.5	32.5
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	144.0	144.0	72.1	82.3	85.9
Elektrienergia, MWh	133.1	133.1	133.1	133.1	133.1
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	0.0	0.0	65.8	65.3	54.1
Gaasi tarbimine, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	277.9	269.6	38.1	34.2	34.4
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	250.1	242.6	34.3	30.8	31.0
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	129.6	129.6	64.9	74.1	77.3
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	266.2	266.2	397.8	396.8	374.4
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	645.9	638.4	496.9	501.6	482.6
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	194.1	191.9	149.4	150.8	145.1
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „T1“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Kõetav pind	4258	4258	4258	4258	4258	4258
Energiakulu küttele, MWh	472.8	185.9	142.0	150.9	160.4	202.9
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	237.0	158.4	128.6	130.1	154.4	153.0
Elektrienergia, MWh	170.3	170.3	170.3	170.3	170.3	170.3
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh		63.1	73.7	74.6	71.5	57.2
Gaasi tarbimine, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	503.6	175.6	163.7	179.4	180.2	215.5
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	453.2	158.0	147.3	161.5	162.2	194.0
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	213.3	142.6	115.7	117.1	139.0	137.7
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	340.6	466.8	488.0	489.8	483.6	455.0
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	1007.2	767.4	751.1	768.4	784.8	786.7
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	236.5	180.2	176.4	180.5	184.3	184.8
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150	150

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „T3“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017**
Kõetav pind	2367	2367	2367	2367	2367	2367
Energiakulu küttele, MWh	227.9	256.4	23.8	35.1	54.0	33.6
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	96.0	95.1	73.2	47.5	48.2	63.5
Elektrienergia, MWh	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	0.0	0.0	47.3	60.3	51.0	48.4
Gaasi tarbimine, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	246.3	245.7	25.5	40.8	59.3	36.5
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	221.7	221.1	23.0	36.7	53.4	32.9
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	86.4	85.6	65.9	42.8	43.4	57.2
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	189.4	189.4	284.0	310.0	291.4	286.2
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	497.4	496.1	372.8	389.4	388.1	376.2
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	210.2	209.6	157.5	164.5	164.0	158.9
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150	150

** - antud kütteperioodi kolme viimase kuu (aprill, mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „T4“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2015/2016	2016/2017*
Kõetav pind	1240	1240
Energiakulu küttele, MWh	183.3	39.4
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	45.8	19.8
Elektrienergia, MWh	43.4	43.4
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	8.2	39.7
Gaasi tarbimine, MWh	509.0	486.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	207.3	41.3
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	186.6	37.2
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	41.2	17.8
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	103.2	166.2
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	4.7	4.5
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	335.7	225.7
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	270.74	182.02
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „T5“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017**
Kõetav pind	10680	10680	10680	10680	10680	10680
Energiakulu küttele, MWh	1242.1	866.4	151.8	174.3	269.7	286.5
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	449.0	333.1	231.0	207.8	196.4	211.0
Elektrienergia, MWh	427.2	427.2	427.2	427.2	427.2	427.2
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	0.0	103.4	248.7	269.3	222.8	231.6
Gaasi tarbimine, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	1326.3	828.0	164.3	205.7	304.9	309.1
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	1193.7	745.2	147.9	185.1	274.4	278.2
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	404.1	299.8	207.9	187.0	176.8	189.9
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	854.4	1061.2	1351.8	1393.0	1300.0	1317.6
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	2452.2	2106.2	1707.6	1765.2	1751.2	1785.7
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	229.6	197.2	159.9	165.3	164.0	167.2
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150	150

** - antud kütteperioodi kolme viimase kuu (aprill, mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „T9“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Köetav pind	2683	2683	2683	2683
Energiakulu küttele, MWh	265.0	63.5	75.7	93.6
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	135.0	33.5	14.9	23.7
Elektrienergia, MWh	67.1	67.1	67.1	67.1
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	0.0	73.7	76.9	67.8
Gaasi tarbimine, MWh	1847.0	1775.0	1681.5	1640.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	303.9	74.9	81.2	102.2
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	273.5	67.4	73.1	92.0
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	121.5	30.2	13.4	21.3
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	134.2	281.6	288.0	269.8
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	17.2	16.5	15.6	15.3
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	546.3	395.6	390.1	398.3
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	203.6	147.5	145.4	148.5
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150.0	150.0	150.0	150.0

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „T10“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2012/2013	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Köetav pind	5706	5706	5706	5706
Energiakulu küttele, MWh	586.1	94.1	137.6	209.4
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	287.0	54.9	40.1	91.6
Elektrienergia, MWh	185.4	185.4	185.4	185.4
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	0.0	189.7	183.0	133.5
Gaasi tarbimine, MWh	3544.5	3374.0	3199.5	3096.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	557.5	110.2	150.9	229.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	501.8	99.2	135.8	206.1
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	258.3	49.4	36.1	82.4
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	370.9	750.3	736.9	637.9
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	33.0	31.4	29.8	28.8
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	1163.9	930.3	938.5	955.2
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(m ² a)	204.0	163.0	164.5	167.4
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.

Korterelamu „T12“ kaalutud energiaerikasutus KEK arvutus

Kütteperiood	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Kõetav pind	4361	4361	4361	4361	4361
Energiakulu küttele, MWh	466.6	72.8	127.3	93.6	105.9
Energiakulu soojale tarbeveele, MWh	228.0	194.7	162.1	178.0	176.5
Elektrienergia, MWh	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7
Soojuspumba poolt tarbitud elekter, MWh	0.0	100.1	110.5	109.6	107.0
Gaasi tarbimine, MWh	3179.0	2920.0	2772.5	2691.0	2656.0
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele, MWh	443.9	79.1	147.8	101.8	115.1
Normaalaastale taandatud energia kulu küttele koos kaalumisteguriga, MWh	399.5	71.2	133.0	91.6	103.6
Energiakulu soojale tarbeveele koos kaalumisteguriga, MWh	205.2	175.2	145.9	160.2	158.9
Elektrienergia koos kaalumisteguriga, MWh	283.5	483.7	504.5	502.7	497.5
Gaasi tarbimine koos kaalumisteguriga, MWh	29.6	27.2	25.8	25.0	24.7
Kaalutud normaalaasta energiakasutus, MWh/a	917.7	757.2	809.2	779.5	784.6
Arvutatud KEK parameeter, MWh/(a x m ²)	210.4	173.6	185.5	178.7	179.9
Energiamärgise klassile "C" vastav KEK parameetri väärtus	150	150	150	150	150

*- antud kütteperioodi kahe viimase kuu (mai, juuni) tarbimisandmetena on võetud eelmise kütteperioodi väärtused.