



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut
MSJ õppetool

MSJ40LT

Kristiina Martin

**KÜTTEKULUDE VÄHENDAMISE VÕIMALUSED
ÜLEMINEKUL ELEKTRIKÜTTETL
KAUGKÜTTELE KURESSAARE
KORTERMAJA NÄITEL**

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Aleksandr Hlebnikovi juhendamisel

“30” mai 2014.a.

Töö autor Kristiina Martin

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”201... a.

..... allkiri

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2014 aasta 6. semester

Üliõpilane: Kristiina Martin 112839 MASB

Õppekava: Soojusenergeetika

Eriala Soojusenergeetika

Juhendaja: Aleksandr Hlebnikov, dotsent

Konsultandid: Marian Hallikäär, KÜ esindaja, 5227245.

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

Küttekulude vähendamise võimalused üleminekul elektriküttelt kaugküttele Kuressaare kortermaja näitel

Cost saving possibilities in transition from electric heating to district heating

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise järjekord:

Nr	Ülesande kirjeldus
1.	Hoonesisese soojuskoormuse jagunemise arvutamine, eraldi vaadelduna elektriküttel korteritel ja kaugküttel korteritel.
2.	Teostada analüüs kui suur oleks majanduslik efekt üleminekul elektriküttelt täielikult kaugküttele.
3.	Torustike renoveerimise tasuvusaegade teostamine.
4.	Alternatiivsete energiasäästumeetmete väljapakumine

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Soojuskoormuse jagunemise uurimine. Elektriküttelt kaugküttele ülemineku otstarbekuse analüüs ja majandusliku efekti arvutused.

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: Eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt

Üliõpilane Kristiina Martin

kuupäev..... **Juhendaja** Aleksandr Hlebnikov

kuupäev.....

Töö esitamise tähtaeg.....

/allkiri/

/allkiri/

Sisukord

EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1 KORTERELAMU KIRJELDUS	10
1.1 Asukoht.....	10
1.2 Korterite ülevaade.....	10
1.3 Soojussõlm.....	11
1.4 Soojustus.....	11
1.5 Veetorustik.....	12
1.6 Kütetorustik	12
2 KORTERELAMU ENERGIATARVE.....	13
2.1 Elektriküttl korterite energia, mis kulub soojuseks	18
2.2 Kaugküttl korterite soojusenergia	20
2.3 Soojuskoormuse üleviimine normaalaastale	22
2.4 Keskküttl ja elektriküttl korterite soojuskoormuse võrdlus MWh/m ²	24
3 MAJANDUSANALÜÜS	26
3.1 Rahaline sääst üleminekul elektriküttelt kaugküttete	27
3.2 Torustiku renoveerimise tasuvusaeg	29
3.3 Tulemused	29
4 MUUD ENERGIASÄÄSTUMEETMED.....	33
4.1 Päikesekollektorid	33
4.2 Soojuspumbad	33
5 KOKKUVÕTE.....	34
6 SUMMARY	36
7 KASUTATUD KIRJANDUS	38
8 LISAD	39
Lisa 1. Elektritariifid	40
Lisa 2. Elektriküttl korterite vee kulu.....	41
Lisa 3. Kraadpäevad Ristna piirkonnas.....	42
Lisa 4. Kuressaare Soojus soojuse hinnad	44
Lisa 5. Hoone kaugkütte soojustarve	45
Tabel 1.1 Korterite ülevaade	11
Tabel 2.1. Kaugküttl korterite elektritarve	14

Tabel 2.2. Elektriküttl korterite kogu elektrienergia tarve	14
Tabel 2.3. Elektriküttl korterite valimi kogu elektrikulu.....	16
Tabel 2.4. Sooja vee kulu korterite kaupa	18
Tabel 2.5. Vee soojendamiseks kuluv elektrienergia	19
Tabel 2.6. Elektriküttl korterite elektrikulu soojusele ruutmeetri kohta	19
Tabel 2.7. Soojuse tarbimine hoones	20
Tabel 2.8. Kaugküttl korterite soojusenergia kulu kütteks	21
Tabel 2.9. Soojusenergia kulu ruutmeetritele	21
Tabel 2.10 Kaugküttl korterite soojuskoormus üleviiduna normaalaastale	23
Tabel 2.11 Elektriküttl korterite soojuskoormus ruutmeetritele üleviiduna normaalaastale.....	24
Tabel 2.12 Keskküttl ja elektriküttl korterite soojuskoormuse võrdlus.....	24
Tabel 3.1 Rahaline kulu aasta kaupa küttele kombineeritud küttl ja kaugküttl.....	28
Sele 2.1. Korterehamu plaan	17
Sele 3.1. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 16000 eurot.....	30
Sele 3.2. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 21600 eurot.....	30
Sele 3.3. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 27000 eurot.....	31
Sele. 3.4. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 16000 eurot, soojuse hinna tõus 6% aastas	31
Sele 3.5. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 21600 eurot, soojuse hinna tõus 6% aastas	32
Sele 3.6. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 27000 eurot, soojuse hinna tõus 6% aastas	32

EESSÕNA

Käesoleva töö teema on valitud töö koostaja initsiatiivil, innustatuna töö koostamise ajal Eesti ühiskonnas ja ka laiemalt Euroopas aktuaalsetest küsimustest hoonete energiatõhususe valdkonnast ning selle rakendamisest meie riigis.

Materjalide kogumisel oli abiks lisaks juhendajale Aleksandr Hlebnikovile ka Marian Hallikäär, Tallinna 72a, Kuressaare korterelamu korteriühistu esindaja.

Ühtlasi sooviks töö autor avaldada tänu kõigile informatsiooni jaganud ja töö koostamisel abiks olnud isikutele.

SISSEJUHATUS

Tänapäeva Euroopas on normis pidev energiasäästu poliitika. Aastal 2010 mais võttis Euroopa Parlament vastu uue hoonete energiatõhususe direktiivi [1], mille eesmärgiks oli hoonete ja nende osade energiatõhususe edendamine ning seeläbi ELil tervikuna saavutada kliimamuutuste eesmärk - vähendada 2020. aastaks energiakasutust 20% võrra. Hoonete energiakulud moodustavad 40% Euroopa liidu energia kogutarbimisest [1], olles sellega Euroopas ka üheks suurimaks kasvahoonegaaside emissiooniallikaks [2]. 2020. aasta lõpus ehitatavad hooned peavad olema kõrge energiasäästlikkuse tasemega ning kasutama suurel määral taastuvenergiat. Uute energiatõhusate tarindite ja süsteemide toimivus eeldab nende põhjalikku teaduslikku analüüsi ja uuringuid.

Eestis on palju hooneid, mis olid ehitatud Nõukogude Liidu ajal, mil ei väärtustatud energiakasutust inimkonna-keskselt ja laialulatuslikus ehitustegevuses ehitati elamispindu, milliste energia erikulu kütteks 1 m² kohta aastas ületas kuni 2,5 korda mõistliku piiri [3]. Energiahinnad Eestis on järsult tõusnud viimastel aastatel ning tõusutrend on jätkumas. 2010–2012 kallines majapidamiste tarbitav energia ligikaudu 30% [4], mille põhjustajaks oli nafta hinnatõus ning euro vahetuskursi nõrgenemine usalduskriisi tõttu. Inflatsiooni edasist tõusu peaks pärssima asjaolu, et Eestis tarbitava energia maksumus on kiiresti lähenenud euroala keskmisele tasemele. Energiahinda mõjutavad ka jaotusvõrgutasude tõus. Mitmed ettevõtted, kes tarbijatele energiat vahendavad, on teatanud plaanist hindu tõsta, tuues põhjuseks suurenenud investeerimisvajaduse [5, lk 4]. Seetõttu on praegusel hetkel mitmed korteriühistud vastamisi probleemiga, kuidas muuta enda elamuid paremaks ning säästlikumaks.

Tarbija tajub endal energiatõhusust läbi rahaliste kulutuste, mida nad teostavad igakuiselt kütmisele. Teostavad tööd, mida rakendatakse, et vähendada kulutusi on näiteks välisfassaadi soojustamine, katuse soojustamine ning küttesüsteemi renoveerimine. Küttesüsteemi üleviimisel ühetorusüsteemilt kahetorusüsteemile toob endaga kaasa kokkuhoiu suurusjärgus 10-30 kWh/m³ aastas, küttesüsteemi tasakaalustamisel aastane sääst on hinnanguliselt 4-18 kWh/m³ ning soojussõlme renoveerimisel 2-3 kWh/m³ [3]. Lisades radiaatoritele termostaatventiilid saavutatakse süsteem, mis reageerib siseruumi temperatuuri tõusule ning

reguleerib radiaatori temperatuuri vastavalt sellele. Antud kooslus annab optimaalse terviku, mis aitab hoida ruumi temperatuuri vastavalt kasutusmugavusele ja aitab hoida kontrolli all rahalisi kulutusi küttele.

Antud töö eesmärgiks on teha kindlaks elektriküttl ja kaugküttl korterelamu küttesüsteemi renoveerimise otstarbekust ja hinnata täielikult kaugküttel ülemineku tasuvust. Uuritaval korterelamul puudub terviklik küttesüsteemi lahendus, mille tagajärjel on hoones ebaühtlane soojustarbimine – enamuse küttekoormusest langeb viiele korterile kaheksateistkümnest, kusjuures need viis korterit on kaugküttl. Eeldatakse, et peale küttesüsteemi renoveerimist, soojustarbimine ühtlustub terve hoone ulatuses. Paigaldades radiaatoritele termostaatventiilid, on võimalik saavutada paranenud reageerimine temperatuuri muutusele, mis tulemusena viib küttekulud alla. Samuti soojustades torustik saab viia alla summaarset tarbimist kadude vähenemise arvelt. Antud töö on mõeldud pakkuma alternatiivset lahendust konkreetsele kortermajale.

Lahenduseni jõudmisel teostatakse arvutusi, et kindlaks teha soojuskoormuse kulu elektri- ja kaugküttl korteritel. Elektriküttl korterite puhul võetakse arvesse asjaolu, et kolmeteistkümnest üheksa kasutavad hoone soojussõlmes soojendatud tarbevett. Soojuse kulu üleviimisel normaalaastale saab arvutuslikult ilmastikust sõltumatu objektiivse soojuse kulu ruutmeetritele.

Arvutustes võetakse aluseks kõik kaugküttl korterid ning elektriküttl korteritest moodustatakse valim. Valimi moodustamine on tarvilik usaldusväärsete tulemuste seisukohalt, sest osades korterites ei elata ning selle tõttu on elektrienergia tarbimine väga madal. Arvutuslikud soojuskoormused ruutmeetritele annavad võimaluse arvutada välja, kui palju kulutatakse aastas raha maja küttele, vastavalt olemasolevatele tariifidele. Hinnates, milline oleks kombineeritud kütte ja kaugkütte aastane rahaline kulu soojusele, saab hinnata investeeringute tasuvusaeg, mis kuluksid renoveerimistödele.

Antud töö seletuskiri on kaheks oskaks. Esimeses on arvatud kui suur on soojustarve majas ruutmeetri kohta, teises osas on kindlaks tehtud rahalised kulutused ning tasuvusajad

küttesüsteemi renoveerimisel. Esimene osa on jaotatud vastavalt arvutuste etappidele, teises osas käsitletakse eraldi rahalist kulu aastas soojusele ning renoveerimisinvesteeringute diskonteeritud tasuvusaegu energiahindade muutumatult püsimisel ning energiahindade eskalatsioonil 6% aastas. Lisaks on toodud alternatiivsed energiasäästumeetmed, mida tasuks uurida. Lisatud alternatiivsed kütte- ja veesüsteemi lahendused, on käsitletud väga lühidalt korteriühistu erisoovil.

1 KORTERELAMU KIRJELDUS

1.1 Asukoht

Korterelamu asub Kuressaares aadressil Tallinna 72. Majas on kokku 18 korterit, millest viis on kaugküttel, kaksteist elektriküttel ning üks kombineeritud puidu- ja elektriküttel, enamjaolt kasutades puidukütet. Majavalldus kokku on 1455,4 m², millest summaarne korterite pindala on 1044,7 m². Maja ehitati 1985 aastal. Maja on kolmekorruseline, korterelamul on keldrikorrus, kokku 6 püstakut. Maja plaan korruste lõikes on toodud joonisel (sele 2.1.).

1.2 Korterite ülevaade

Majas on kokku kolm trepikoda, igas trepikojas on kuus korterit. Elektrit kütteks kasutavad korterid on 1, 2, 3, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 16, 17, ja 18. Korter number 11 kasutab vastavalt vajadusele elektri- või puidukütet või mõlemat kombineerituna. Ülejäänud korterid on kaugküttel. Elektriküttel korterite pindala on 731 m², kaugküttel korterite summaarne pindala on 313,8 m².

Elektriküttel olevatest korteritest on osad tsentraalse soojatarbevee tarbijad (korterid 2, 6, 14), elektriküttel korter nr. 4 kasutab vastavalt olukorrale, kas tsentraalset sooja vett või boilerit. Kõik kaugküttega korterid tarbivad tsentraalset sooja vett. Kõigis ülejäänud elektriküttel korterites on boiler.



Sele 1.1 Korterelamu Tallinna 72

Tabel 1.1 Korterite ülevaade

Püstak	Korteri number	Korteri pindala m²	Küttesüsteem	Tarbevee ettevalmistus
1	2	49,2	Elektriküte	Tsentraalne soe tarbevesi
	4	49,5	Elektriküte	Tsentraalne soe tarbevesi, boiler
	6	49,6	Elektriküte	Tsentraalne soe tarbevesi
2	1	58,1	Elektriküte	Boiler
	3	59,3	Keskküte	Tsentraalne soe tarbevesi
	5	59	Keskküte	Tsentraalne soe tarbevesi
3	8	49,2	Elektriküte	Boiler
	10	49,1	Keskküte	Tsentraalne soe tarbevesi
	12	49,5	Elektriküte	Boiler
4	7	58,7	Elektriküte	Boiler
	9	58,6	Elektriküte	Boiler
	11	58,9	Elektriküte, puiduküte	Boiler
5	14	58,4	Elektriküte	Tsentraalne soe tarbevesi
	16	58,5	Elektriküte	Boiler
	18	58,7	Elektriküte	Boiler
6	13	73	Keskküte	Tsentraalne soe tarbevesi
	15	74	Elektriküte	Boiler
	17	73,4	Keskküte	Tsentraalne soe tarbevesi

1.3 Soojussõlm

Korterelamu soojussõlmes on pumbaga elevaatorkütteregeulaator ja plaatsoojusvahetiga soojavee varustus. Soojussõlme võimsus on 150 kW. Kütteelevaatori töövõimsus on ligi 20 kW.

1.4 Soojustus

Maja välisfassaadi soojustust alustati 2005, soojustati üks maja otsasein. Üle 2/3 soojustusest teostati 2006. aasta kevadel. Soojustamisel paigaldati seintele 100mm paksune vahtpolüstüreeni lisakiht. Katuse soojustamisel paigaldati soojusisolatsiooni materjal, milleks

oli kivivill. Tööd teostati 2002. aastal. Trepikodade ukсед on vahetatud uuemate ja soojapidavamate vastu (kokku 3 ust, vahetatud aastal 2005).

1.5 Veetorustik

Aastatel 1995-1997 toimus üleminek kaugküttelt elektriküttele. Seoses sellega muutsid paljud korterid oma torustikku. Kõikidesse korteritesse on toodud üks toru, mis on mõeldud külma vee jaoks. Korterrisiseselt on korteriomanikud viinud torustikku edasi individuaalselt.

Soojaveetorustik ei läbi kõiki kortereid. Aastal 2010 ehitati sooja vee valmisolek kõigile majas olevatele korteritele. Soojaveetorustiku jaoks paikneb korterite WC-de tagaseinas.

1.6 Küttetorustik

Küttetorustik on aastast 1985. Majas on ühetorusüsteem. Küttetorustik ei ole tasakaalustatud, radiaatoritel ei ole termostaatventiile. Küttetorustik läbib keldrikorrust ning ainult kolme püstakut (kuuest). Trepikojad ei ole köetavad. Torustik ei ole soojustatud ning läbib mõningaid kortereid, neid kütmata.

2 KORTERELAMU ENERGIATARVE

Elektriküttega korteritel on mõõdikud, mis näitavad summaarset elektrienergiatarvet. Elektrienergiatarve koosneb elektrienergiast, mis kulub korteril küttele ja olmevajaduste katteks. Kaheksal korteritel (korterid 1, 7, 9, 11, 12, 15, 16, 18) lisandub ka elektrikulu sooja vee ettevalmistamiseks, mida valmistatakse ette boileris. Kaugküttel olevatel korteritel on elektrikulu vaid olmevajaduste katteks.

Elektriküttel olevate korterite soojusenergiavajadus leitakse vastavalt valemile 2.1.

$$Q_{el.s} = Q_{sum.el} - Q_{kk.el}, \quad (2.1)$$

kus $Q_{el.s}$ – elektriküttel korterite energia kütteks MWh/m²
 $Q_{sum.el}$ – elektriküttel korterite koguelektritarve MWh/m²
 $Q_{kk.el}$ – kaugküttel korterite elektrienergiatarve MWh/m²

Üheksa korterit kasutavad soojussõlmes ette valmistatud sooja vett, osad aga kasutavad selleks korteris olevaid boilereid (korterid 1, 7, 9, 11, 12, 15, 16, 18). Boileritega korteritel leidmaks elektrikulu küttele, tuleb lahutada maha ka soojale veele kuluv elektrienergia vastavalt valemile 2.2.

$$Q_{el.s} = Q_{sum.el} - Q_{kk.el} - Q_{vesi}, \quad (2.2)$$

kus $Q_{el.s}$ – elektriküttel korterite energia kütteks MWh/m²
 $Q_{sum.el}$ – elektriküttel korterite koguelektritarve MWh/m²
 $Q_{kk.el}$ – kaugküttel korterite elektrienergiatarve MWh/m²
 Q_{vesi} – elektrienergia sooja tarbevee ettevalmistamiseks MWh/m²

Tabelis 2.1 on toodud kaugküttel korterite elektritarve. Vastavalt arvutustulemustele on kolme aasta keskmine elektrikulu ruutmeetrile 0,031 MWh. Tabelis 2.2. on välja toodud elektriküttel

korterite koguelektrikulu. Kolme aasta keskmine elektrikulu on 0,079 MWh ruutmeetrile, mis on vastavuses asjaoluga, et elektrikütel korterid kulutavad elektrit nii kütteks kui ka olmevajaduste katteks. Nende andmete põhjal võib öelda, et elektrikütel korterite summaarsest elektritarbest kulub umbes 39,2 % puhtalt olmekulude katteks ning ülejäänud läheb kütteks ja sooja tarbevee ettevalmistamiseks boileris (v.a tsentraalset soojatarbevett kasutavad korterid.)

Tabel 2.1. Kaugkütel korterite elektritarve

Korterid		Elektrikulu ruutmeetrile			
		2011	2012	2013	Aastate keskmine
3	kWh/m ²	34,5	41	39	38,1
5	kWh/m ²	17,5	16,7	16,1	16,8
10	kWh/m ²	28,9	23,7	20,8	24,4
13	kWh/m ²	52,8	55,5	53,4	53,9
17	kWh/m ²	22,5	21,1	20,1	21,2
Keskmsed	kWh/m ²	31,3	31,6	29,9	30,9
	MWh/m ²	0,031	0,032	0,030	0,031

Tabel 2.2. Elektrikütel korterite kogu elektrienergia tarve

Korter		Elektrikulu ruutmeetrile			
		2011	2012	2013	Aastate keskmine
1	kWh/m ²	130	136	134	133
2	kWh/m ²	60	55	54	56
4	kWh/m ²	150	159	136	148
6	kWh/m ²	54	35	21	36
7	kWh/m ²	112	104	100	105
8	kWh/m ²	111	110	103	108
9	kWh/m ²	55	48	31	45
11	kWh/m ²	56	50	46	51
12	kWh/m ²	63	31	25	39
14	kWh/m ²	158	152	135	148
15	kWh/m ²	53	42	41	45
16	kWh/m ²	10	12	7	10
18	kWh/m ²	108	100	99	102
	kWh/m ²	86	79	72	79
Keskmsed	MWh/m ²	0,086	0,079	0,072	0,079

Tabelis 2.2 võib täheldada märkimisväärset erinevust elektriküttel korterite elektritarbes korterite vahel. Antud asjaolu on tingitud kas sellest, et kõigis korteritest ei elata aastaringselt sees (korterid number 2, 6, 9 ja 16) või hoitakse sihilikult madalat temperatuuri. Võrdlemaks elektriküttel ja keskküttel korterite energiakulu ruutmeetri kohta, kasutatakse empiirilist meetodit, kus valitakse elektriküttel korterite üldkogumist valimi ning rakendatakse seda üldkogumile. Antud lähenemine on vajalik andmete usaldusväärsuse seisukohalt. Valimist jäetakse välja korterid, kus ei elata aastaringselt sees, lisaks ka need korterid, mis ei ole pidevalt elektriküttel.

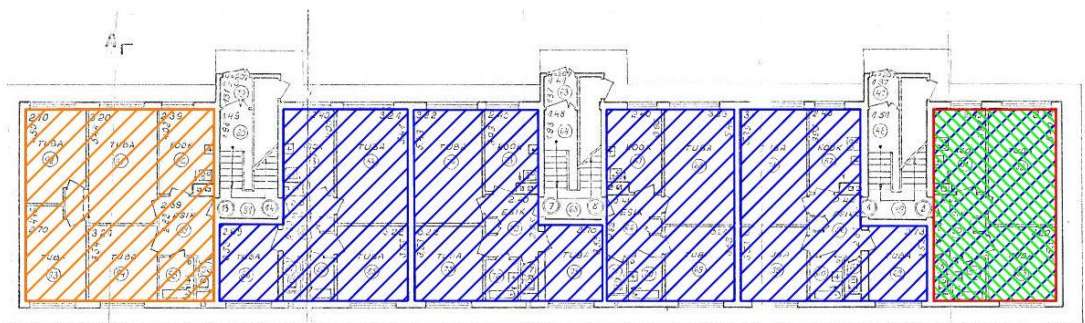
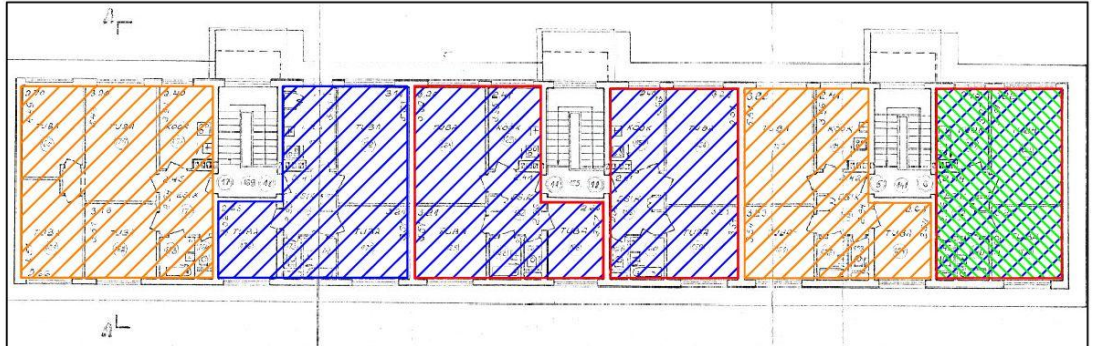
Elektriküttel ja kaugküttel korterite võrdluseks valitud kõik kaugküttel korterid ning elekterküttel korterite valimist jäävad välja järgmised korterid:

- **Nr. 2:** korteris ei elata aastaringselt sees.
- **Nr. 6:** korteris ei elata aastaringselt või hoitakse sihilikult madalamat energiatarvet.
- **Nr. 9:** korteris ei elata aastaringselt sees.
- **Nr. 11:** korter on osaliselt puiduküttel. Pole võimalik välja tuua, palju läheb energiat ühe ruutmeetri soojuseks, mistõttu andmed võrdluses ebausaldusväärsed.
- **Nr. 12:** korteris hoitakse väga madalat elektritarbimist, muudab valimi tulemused ebausaldusväärsesks.
- **Nr. 15:** korteris hoitakse väga madalat elektritarbimist, muudab valimi tulemused ebausaldusväärsesks.
- **Nr. 16:** korteris ei elata aastaringselt sees.

Elektriküttel korterite valimisse kuuluvad seega 6 korterid: 1, 4, 7, 8, 14, ja 18. Valimi elektrikulu ruutmeetrile on toodud tabelis 2.3. Valimi kolme aasta keskmine elektrikulu ruutmeetrile on 0,124 MWh. Andmetest lähtuvalt elektriküttel korterite summaarsest elektritarbest kulub umbes 25% puhtalt olmekulude katteks ning ülejäänud läheb kütteks ja sooja tarbevee ettevalmistamiseks boileris (v.a tsentraalset soojatarbevett kasutavad korterid 14 ja 4). Korter number 4 kasutab vastavalt vajadusele, kas tsentraalset soojatarbevett või boilerivett. Võrdlusmomendi säilitamise mõttes võtetakse aluseks, et korter kasutab soojussõlmes ettevalmistatud sooja vett. Maja plaan on toodud sele 2.1.

Tabel 2.3. Elektriküttl korterite valimi kogu elektrikulu

Korter		Elektrikulu ruutmeetritele			
		2011	2012	2013	Aastate keskmine
1	kWh/m ²	130	136	134	133
7	kWh/m ²	112	104	100	105
8	kWh/m ²	111	110	103	108
4	kWh/m ²	150	159	136	148
14	kWh/m ²	158	152	135	148
18	kWh/m ²	107	99	98	102
Keskmitted	kWh/m ²	127,93	126,68	117,63	124,08
	MWh/ m ²	0,128	0,127	0,118	0,124



-  Kaugküte
-  Elektriküte
-  Ei elata
-  Madal tarbimine

Sele 2.1. Korterelamu plaan

2.1 Elektriküttl korterite energia, mis kulub soojuseks

Tabelis 2.3 on toodud elektriküttl korterite valimi koguelektrikulu. Antud korteritest on number 4 ja 14 tsentraaltarbevee tarbijad. Kõik ülejäänud tarbivad külma vett, mis soojendatakse üles korterites olevates boilerites. Korteri veetarbemõõdikud näitavad ainult külma vee tarbimist. Reaalselt pole võimalik kindlaks teha, kui palju kulub elanikel elektrienergiat sooja vee soojendamiseks boileris ning kui suus on sooja vee kulu. Arvestamiseks sooja vee ligikaudset kulu, jagan kogu vee kulu kahega eeldades, et sooja ja külma vett kulub võrdselt. Sooja vee kulu on toodud tabelis 2.4. Veekulu lähteandmed on toodud lisa 2.

Tabel 2.4. Sooja vee kulu korterite kaupa

Korter	1	7	8	18
Aasta	m ³	m ³	m ³	m ³
2011	77,5	53	32	32
2012	71	41,5	33	28
2013	66	42	31	31,5
Keskmine	72	46	32	31

Vett soojendatakse 55 kraadini, hoonesse tulev vesi on 5 kraadi. Sooja vee ettevalmistamisel kasutatakse parandustegureid, kusjuures soojendamisel 55 kraadini on parandustegur 1,17. Ühe kuupmeetri sooja vee ülessoojendamiseks kuluv elektrienergia on arvutatav vastavalt valemile 2.3 [6]. Sooja vee soojendamiseks kuluv elektrikulu on toodud tabelis 2.5.

$$Q_{sv} = 1,17 \cdot V_{sv} \cdot \Delta t_{sv} \cdot 10^{-3} \quad (2.3)$$

kus Q_{sv} – soojustarve soojavee valmistamiseks, MWh;

V_{sv} – soojavee mahuline tarbimine, m³;

Δt_{sv} – sooja ja külma vee temperatuuride erinevus, °C.

Tabel 2.5. Vee soojendamiseks kuluv elektrienergia

Korter	1	7	8	18
Aasta	MWh	MWh	MWh	MWh
2011	0,09	0,06	0,04	0,04
2012	0,08	0,05	0,04	0,03
2013	0,08	0,05	0,04	0,04
Keskmine	0,08	0,05	0,04	0,04

Elektrikütel korterite valimi elektrikulu küttele arvutati valemitele 2.1 ja 2.2 järgi vastavalt soojussõlmes sooja vee kasutamisele või boileri olemasolule. Tulemused on toodud tabelis 2.6

Tabel 2.6. Elektrikütel korterite elektrikulu soojusele ruutmeetri kohta

Korterid		Elektrikulu ruutmeetrile			
		2011	2012	2013	Aastate keskmine
1	kWh/m ²	130	136	134	133
7	kWh/m ²	112	104	100	105
8	kWh/m ²	111	110	103	108
4	kWh/m ²	150	159	136	148
14	kWh/m ²	158	152	135	148
18	kWh/m ²	107	99	98	102
Keskmsed	kWh/m ²	96,67	95,11	87,76	93,18
	MWh/m ²	0,097	0,095	0,088	0,093

Kolme aasta keskmine elektri kulu ruutmeetrile on 0,093 MWh, mis on koguelektrist 75%.

Ligi neljandik kogu elektritarbest kulub korterites olmevajaduste katteks ning sooja vee ettevalmistamiseks, ülejäänud, ehk 75% kulub soojuseks.

2.2 Kaugküttel korterite soojusenergia

Soojussõlmes mõõdetakse terve maja peale kuluvat soojuse tarbimist, mis on toodud tabelis 2.7. Näituses kajastub: soojuse kulu sooja vee ettevalmistamiseks, soojuse kulu kaugküttel korterite kütmiseks ja kaod. Eraldi ei ole vastavaid näite võimalik välja tuua.

Tabel 2.7. Soojuse tarbimine hoones

Aasta	Kokku MWh
2011	60,9
2012	63,4
2013	62,3

Soojust tarbib korraga 5 korterit, sooja tarbevett kasutavad kõik 5 keskküttel olevat korterit ja lisaks 4 elektriküttel, ehk kokku 9 korterit. Soojuse kulu sooja vee ettevalmistamiseks on võimalik leida võttes aluseks küttevälise kuude andmed. Küttevälised kuud on juuni, juuli, august, september. Soojuse tarbimine nendel kuudel kajastab kütmisest sõltumatut soojuse tarbimist, sisaldades endas vee ettevalmistamise ja süsteemi soojuskadude kogukulu. Arvestamaks, palju kulub soojusenergiat ruumide kütmiseks arvutan iga aasta kaupa suviti keskmise soojuse kulu ühe kuu kohta (valem 2.4) ning lahutan kaheteistkordse keskmise summaarsest aasta soojuse kulust (valem 2.5). Tulemusena on soojuse kulu, mis läheb kütmiseks, tabel 2.8. Soojuse kulu veele on keskmiselt 23,2% kogu soojusest.

$$Q_{kesk,sv} = \frac{Q_{juuni} + Q_{juuli} + Q_{august} + Q_{september}}{4} \quad (2.4)$$

kus $Q_{kesk,sv}$ – keskmine soojustarve soojavee valmistamiseks, MWh;

Q_{juuni} – juunikuu soojustarve, MWh;

Q_{juuli} – juulikuu soojustarve, MWh;

Q_{august} – augustikuu soojustarve, MWh;

$Q_{september}$ – septembrikuu soojustarve, MWh.

$$Q_{kk.s} = Q_{sum.kk} - 12 \cdot Q_{kesk.sv} \quad (2.5)$$

kus $Q_{kk.s}$ – keskküttl korterite soojus, MWh;

$Q_{sum.kk}$ – summaarne soojuse tarbimine hoones, MWh;

$Q_{kesk.sv}$ – keskmine soojustarve soojavee valmistamiseks, MWh.

Tabel 2.8. Kaugküttl korterite soojusenergia kulu kütteks

Aasta	Kokku MWh	Keskmine MWh veele	Soojuse MWh
2011	60,9	1,2	46,5
2012	63,4	1,225	48,7
2013	62,3	1,175	48,2
Keskmine	62,2	1,2	47,8

Arvutuslik soojuse kulu ühe ruutmeetri kohta arvutatakse jagades summaarset soojusenergiat kaugküttl olevate korterite summaarse pindalaga. Kõigi kaugküttl korterite summaarne pindala on 313,8 ruutmeetrit. Tulemuste põhjal on näha, et kolme aasta keskmine soojuse kulu ruutmeetrile on 0,152 MWh aastas. Tulemused on toodud tabelis 2.9.

Tabel 2.9. Soojusenergia kulu ruutmeetrile

Aasta	Soojusenergia keskmine kulu MWh	Soojusenergia keskmine kulu ruutmeetrile MWh/m ²
2011	46,5	0,148
2012	48,7	0,155
2013	48,2	0,154
Aastate keskmine	47,8	0,152

2.3 Soojuskoormuse üleviimine normaalaastale

Võrdlemaks keskküttel ja elektriküttel korterite soojuskoormust erinevat aastate vältel, tuleb viia üle normaalaastale. Suur osa soojuse tarbimisest hoones sõltub väliskliimast, mis on erinev aastate vältel. Erinevuste kõrvaldamiseks kasutatakse kraadpäevi. Üks kraadpäev väljendab 1 °C erinevust arvestusliku sisetemperatuuri ja ööpäeva (24 tunnise perioodi) keskmise välisõhu temperatuuri vahel. Kui näiteks ööpäeva keskmine välisõhutemperatuur on 2 °C, siis on 24 tunnise perioodi (1 ööpäev) kraadpäevade arv $17 - 2 = 15$ (°C×d) [7].

Tallinna Tehnikaülikooli läbiviidud uuringute põhjal kuulub Kuressaares asuv korterelamu Ristna piirkonda [7]. Ristna võtmepiirkondade kraadpäevade andmed erinevatel tasakaalutemperatuuridel ja aastatel on toodud lisa 3.

Reaalse aasta soojustarbimise üleviimine võrreldavale nn normaalaasta tarbimisele teostatakse kasutades valemit 2.6.:

$$Q_N = (Q_{teg} - C) \cdot \frac{S_N}{S_{teg}} + C \quad (2.6)$$

kus Q_N – normaalaasta soojustarbimine, MWh;

Q_{teg} – tegeliku aasta soojustarbimine, MWh;

S_N – normaalaasta kraadpäevade arv (lihtsad kraadpäevad, valitud vastavalt tasakaalutemperatuurile t_B hoones);

S_{teg} – tegeliku aasta kraadpäevade arv (valitud samal tasakaalutemperatuuril t_B , mis S_N);

C – kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine, MWh.

Käesoleval töötatakse andmetega, kust on kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine juba maha lahutatud. Valem omandab kuju:

$$Q_N = Q_{teg} \cdot \frac{S_N}{S_{teg}}$$

kus Q_N – normaalaasta soojustarbimine, MWh;

Q_{teg} – tegeliku aasta soojustarbimine, MWh;

S_N – normaalaasta kraadpäevade arv (lihtsad kraadpäevad, valitud vastavalt tasakaalutemperatuurile t_B hoones);

S_{teg} – tegeliku aasta kraadpäevade arv (valitud samal tasakaalutemperatuuril t_B , mis S_N);

Kraadpäevi kasutatakse laialdaselt hoone kütte soojustarbe ligikaudseks määramiseks. Hoone siseõhu temperatuur formeerub kütte- ja vabasoojuse tulemusel. Viimase allikateks on inimesed, elektriseadmed, elektrivalgustus, päikesekiirgus. Piltlikult öeldes küttega kaetakse soojuskaod välisõhutemperatuurist kuni tasakaalutemperatuurini t_B . Soojuskaod tasakaalutemperatuurist kuni ruumi siseõhutemperatuurini kaetakse vabasoojusega [7].

Tasakaalutemperatuur t_B valitakse lähtuvalt hoone renoveeritusest ning vanusest. Kuressaare kortermaja puhul on tegemist aastani 2005 vana tüüpi renoveerimata kortermajaga. Tasakaalutemperatuur $t_B = 17$ kraadi. Peale renoveerimist aastal 2005 on tasakaalutemperatuur vastav vana tüüpi renoveeritud kortermaja tasakaalutemperatuurile $t_B = 13$ kraadi [7]. Normaalaastale üleviidud soojustarbimise ruutmeetri kohta on toodud tabelis 2.12.

Tabel 2.10 Kaugküttel korterite soojuskoormus üleviiduna normaalaastale

Aasta	Soojustarbimine MWh	Kraadpäevad	Normaalaasta kraadpäevad	Normaalaastale üleviidud soojustarbimine MWh
2011	46,5	3457	3867	52
2012	48,7	3856		48,8
2013	48,2	3587		52

Tabel 2.11 Elektriküttl korterite soojuskoormus ruutmeetritele üleviiduna normaalaastale

Aasta	Soojustarbimine MWh/m ²	Kraadpäevad	Normaalaasta kraadpäevad	Normaalaastale üleviidud soojustarbimine MWh/m ²
2011	0,097	3457	3867	0,108
2012	0,095	3856		0,096
2013	0,088	3587		0,095

2.4 Keskküttl ja elektriküttl korterite soojuskoormuse võrdlus

Küttekooormuste võrdlusteks vaadeldakse keskmist energiakulu ruutmeetritele. Elektriküttl korterite soojuskoormus on juba arvatatud ruutmeerile, kaugküttele soojuskoormus jagatakse summaarse kaugküttele korterite pindalaga (313,8 m²). Vaatluse all on normaalaastale üleviidud küttekooormused.

Tabel 2.12 Keskküttl ja elektriküttl korterite soojuskoormuse võrdlus

	Normaalaastale üleviidud soojustarbimine ruutmeetri kohta elekterküttl MWh/m ²	Normaalaastale üleviidud soojustarbimine ruutmeetri kohta kaugküttl MWh/m ²
2011	0,108	0,166
2012	0,096	0,156
2013	0,095	0,166
Aastate keskmine	0,099	0,162

Võrreldes elektriküttl korterite (pindalaga 731 m²) ja kaugküttl korterite (pindalaga 313,8m²) soojustarbimist ühe ruutmeetri kohta on märgata suurt erinevust – elektriküttl korterite soojustarve ruutmeetritele moodustab 61% kaugküttele soojuskoormusest ruutmeetritele. Antud erinevus võib olla tingitud järgnevatest asjaoludest: kaugküttele torustik läbib tervet maja, kuid pole teada täpselt, kuidas. Arhiivides ei olnud võimalik torustiku andmeid kätte saada. Torud läbivad keldrikorruse ja on soojustamata. Sellest võib järeldada, et kaugküttl olevad korterid kütavad keldrit ning lisaks sellele ka enamiku maja. Torustik läbib ka osasid

kortereid, mis on elektriküttel. Trepikojad on kütteta, võimalik, et talviti toimub soojusvoog ka sinna, kuid kulu pehmendab välisuste vahetamine soojapidavamate vastu.

Elektriküttel korterites hoitakse paljudes korterites sihilikult madalamat temperatuuri erinevatel põhjustel. Osades korterites ei elata aastaringselt ning teistest otsustavad elanikud hoida temperatuuri madalana oma mugavustundest lähtuvalt. See aga toob kaasa olukorra, kus kaugküttel korterid kütavad ebavõrdsetes proportsioonides ka teisi kortereid. Soojus liigub ka maja siseselt läbi ventilatsioonikanali. Elektriküttel korteritel on radiaatoritel termostaadid, mis reageerivad kiiremini temperatuuri muutusele ruumisiseselt.

Vaadeldes maja plaani (sele 2.1.) on näha, et kaugküttel korterid on maja peal hajutatuna. Kaugküttel korterit kütavad sel juhul oma naaberkortereid. Kaks korterit on maja otsaseinas, mis toob ka endaga kaasa suurema kulu soojusele.

3 MAJANDUSANALÜÜS

Energiamajandus analüüside teostamisel on kasutatud Euroopa määruse nr 244 juhiseid [8], millega täiendatakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2010/31/EL hoonete energiatõhususe kohta ja kehtestatakse võrdlusmeetodite raamistik hoonete ja ehitusdetailide energiatõhususe miinimumnõuete kuluoptimaalse taseme arvutamiseks.

Ehituskulude all on vaadeldud ainult hoone küttesüsteemi puudutavate materjalide, seadmete ja nende paigaldamise tööjõukulu hindasid koos käibemaksuga. Nendeks komponentideks on antud töös:

- Radiaatorid
- Ühendustorud
- Termostaatventiilid
- Torustik seintes
- Paigalduskulud

Investeeringu analüüsi nüüdisväärtuse meetodi puhul arvestatakse tulevaste perioodide tulusid ja kulusid ning konverteeritakse need arvutuste tegemise aega, et nad oleksid võrreldavad alginvesteeringuga. Arvutustes leitud energiakuludes vaadeldakse elektri ja soojusenergiat vastavalt elektriküttel korteritel ja kaugküttel korteritel eraldi. Tulevaste energiakulude nüüdisväärtuse matemaatiline kuju on toodud valemis (3.1):

$$NPV / A = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} \quad (3.1)$$

kus: NPV/A – energiakulude nüüdisväärtus köetava pindala m^2 kohta, eur/m^2 ;

R_t – perioodi energiakulud, eur/m^2 ;

i – diskonteerimise intressimäär, %;

n – aastaid kokku;

t – vaadeldava perioodi aasta.

Energiakulude arvutamisel on kasutatud valemit 3.2 ja valemit 3.3. Esimene valem on kasutatud kaugküttel korterite puhul, teine valem elektrikütel korterite puhul:

$$R_t = E_{\text{soojus}} \cdot H_{\text{soojus}} \quad (3.2)$$

$$R_t = E_{\text{elekter}} \cdot H_{\text{elekter}} \quad (3.3)$$

kus: R_t – perioodi energiakulud, EUR/m²;

E_{soojus} – hoone tarnitud soojus, MWh/m²;

H_{soojus} – soojuse hind, EUR/MWh;

E_{elekter} – hoone tarnitud elekter, MWh/m²;

H_{elekter} – elektri hind, EUR/MWh;

Energihindade tõusu valikul on võetud aluseks Kuressaare Soojuse viimase kümne aasta soojuse hind EUR/MWh ning leitud keskmine hinnatõus kümne aasta jooksul. Antud soojuse hinna muutus on võetu aluseks järgnevate aastate soojuse hinnatõusuks. Aritmeetiline keskmine soojuse hinna muutus on 6% aastas. Kuressaare Soojuse hinnad on toodud lisas 4.

3.1 Rahaline sääst üleminekul elektrikütelt kaugküttele

Analüüsimeks kui suur oleks rahaline sääst üleminekul kombineeritud kütelt täielikult kaugküttele arvutatakse kõigepealt välja hetkeolukorrale vastav viimase kolme aasta rahaliene kulu küttele. Kaugkütte hinnad on toodud lisas 4, elektrikütte tariifid vastavalt aastatele 2011, 2012 ja 2013 on lisas 1. Üleminekul elektrikütelt kaugküttele on arvestatud soojustarbimise ühtlustumist maja peale, mis on peale renoveerimist 0,118 MWh/m². Arvutustes on võetud aluseks soojuse hinnad Kuressaares vastavalt aastatele 2011, 2012 ja 2013. Tulemused on toodud tabelis 3.1. Arvutused on teostatud normaalaastale üleviidud soojustarbimisega. Vastavalt arvutustele on keskmine vahe täielikult kaugküttele ning kombineeritud kütte vahel

2902,74 eurot aastas. See moodustab 30% hetkeolukorral hoone kütmise eest väljakäidavast rahast.

Arvutuslik soojustarbimine ruutmeetri kohta vastavalt kaugkütte korteril ja elektrikütel korteril korrutatakse läbi vastava aasta kaugkütte hinnaga EUR/MWh, mis omakorda korrutatakse läbi korterite pindalaga (vastavalt kas summaarselt kaugkütte korterite või elektrikütte pindaladega) valemitele 3.4 ja 3.5. Soojuse hind ruutmeetrile korrutatakse läbi vastavalt elektrikütel korterite ja kaugkütel korterite pindaladega ning saadakse tulemiks aastane väljaminek küttele:

$$\frac{Q}{F} = \frac{MWh / aastas}{m^2} \quad (3.4)$$

$$\frac{MWh / aastas}{m^2} * \frac{EUR}{MWh} = \frac{EUR}{m^2} \quad (3.5)$$

kus: Q – energiakulu soojusele, MWh;

F – köetav pindala, m^2 ;

EUR/MWh – Ühe MWh soojuse hind;

EUR/m^2 – soojuse hind ruutmeetrile;

Tabel 3.1 Rahaline kulu aasta kaupa küttele kombineeritud kütteil ja kaugkütteil

Aasta	Kombineeritud küte			Ainult Kaugküte	
	Elektrikütteil EUR	Kaugkütteil EUR	Kokku EUR	Kaugkütteil EUR	Vahe EUR
2011	6374,31	2714,62	9088,94	6864,3	2224,64
2012	5628,7	2683,83	8312,53	6208,36	2104,17
2013	8282,23	2782,9	11065,1	6685,71	4379,42

3.2 Torustiku renoveerimise tasuvusaeg

Küttesüsteemi alginvesteeringuks on võetud kolm varianti. Vastavalt esimesele variandile oleks investeering 861 eurot korteri kohta, teine 1200 eurot korteri kohta ja kolmas 1500 eurot korteri kohta. Väikseimas suurusjärgus alginvesteering on leitud võttes aluseks 2007 aastal renoveeritud korterelamule Tallinnas Paldiski mnt 171 [9] tegemisel, teised alginvesteeringud on võetud fiktiivselt, et saada ettekujutust tasuvusajast. Konkreetseid hinnapakumisi antud töö raames võetud ei ole. Sellisel juhul on summaarne investeering vastavalt 16000 eurot, 21600 eurot ja 27000 eurot.

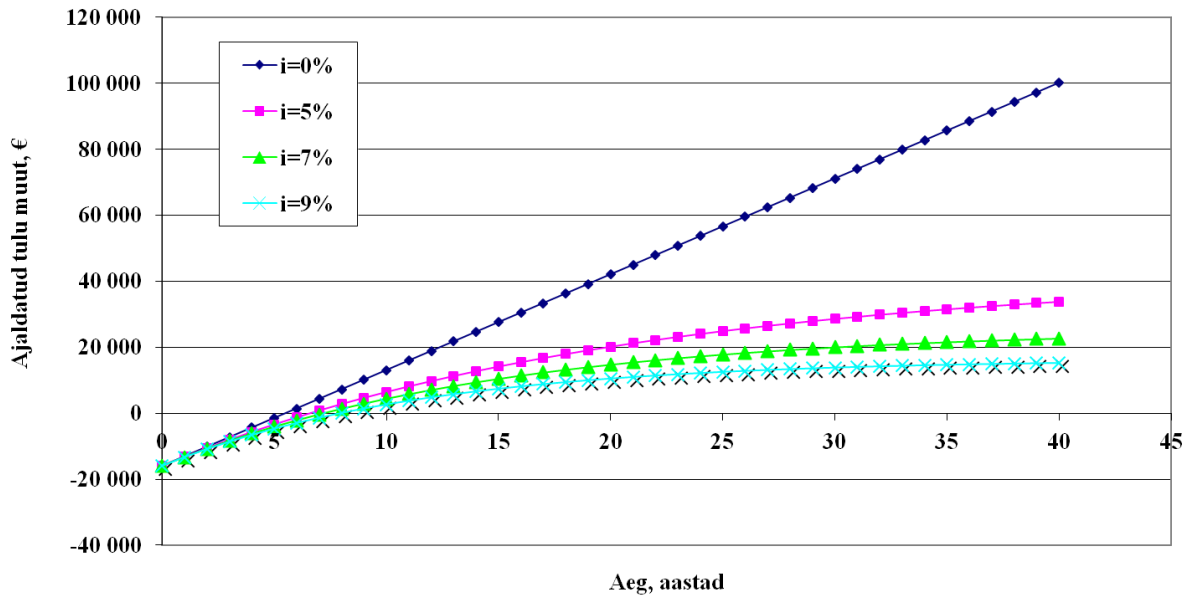
Tasuvusaja arvutamisel on esimesel juhul vaadeldud tasuvusperioodi erinevatel intressimääradel, arvestamata energiahindade eskalatsiooni aastate kaupa. Teisel juhul on arvesse võetud energiahindade eskalatsiooni 6% aastas, mis on saadud Kuressaare Soojuse viimase 10 aasta keskmise hinnamuutuse põhjal. Aastaseks säästuks on võetud kolme aasta keskmise rahalise säästu täielikul üleminekul elektriküttelt kaugküttele vastavalt tabelile 3.1. Aastane keskmine sääst oleks 2902,74 eurot.

3.3 Tulemused

Diskonteeritud tasuvusarvutuse korral, diskonteerimismääral 8%, arvestamata energiahindade eskalatsiooni järgnevatel aastatel on kõige suurema alginvesteeringu korral tasuvusaeg 18 aastat (sele 3.3.). Kõige tagasihoidlikuma alginvesteeringu korral on tasuvusaeg 8 aastat (sele 3.1). Diskonteeritud tasuvusaja korral, diskonteerimismääral 8%, kus on arvesse võetud ka energiahindade eskalatsioon 6% aastas on kõige suurema investeeringu korral tasuvusajaks oleks 9 aasta (sele 3.6.) ning kõige tagasihoidlikuma alginvesteeringu korral 6 aastat (sele 3.4).

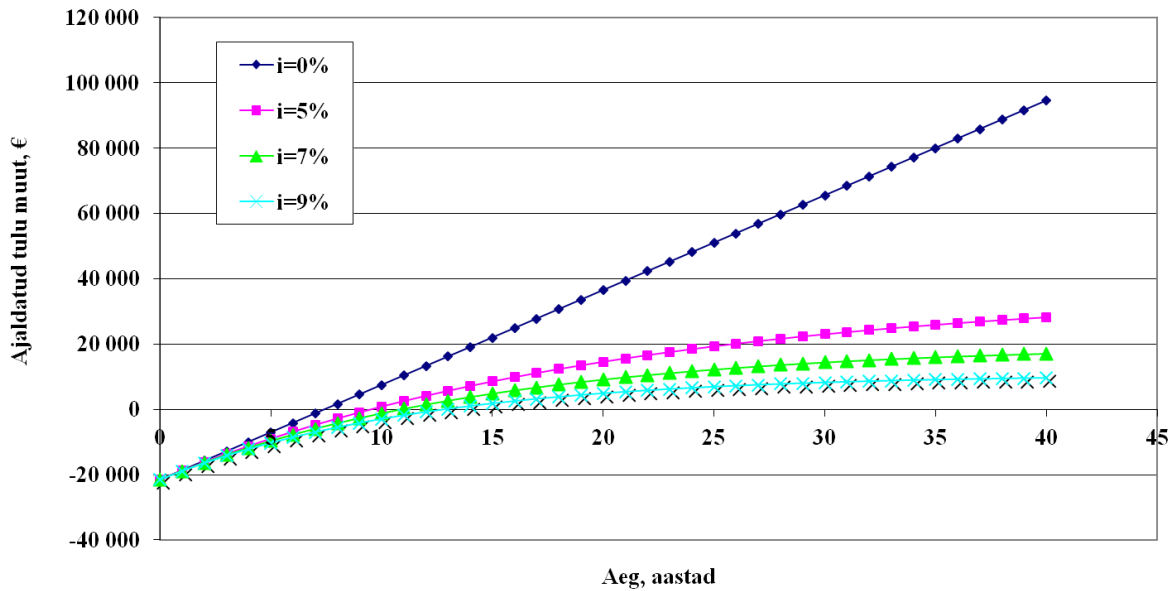
Lihttasuvusaeg kõige väiksema investeeringuga oleks alla 5 aastat (sele 3.1.), keskmise 21600 eurose investeeringuga 7 aastat (sele 3.2.) ning 27000 eurose investeeringu korral 9 aastat (sele 3.3.), kui mitte võtta arvesse energiahindade eskalatsiooni tulevastel aastatel.

Rekonstrueerimise tasuvus
 investeeringu suurus: 16000 €
 Saavutatav rahasääst: 2902,74 €
 Soojuse hind: 53,39 €/MWh



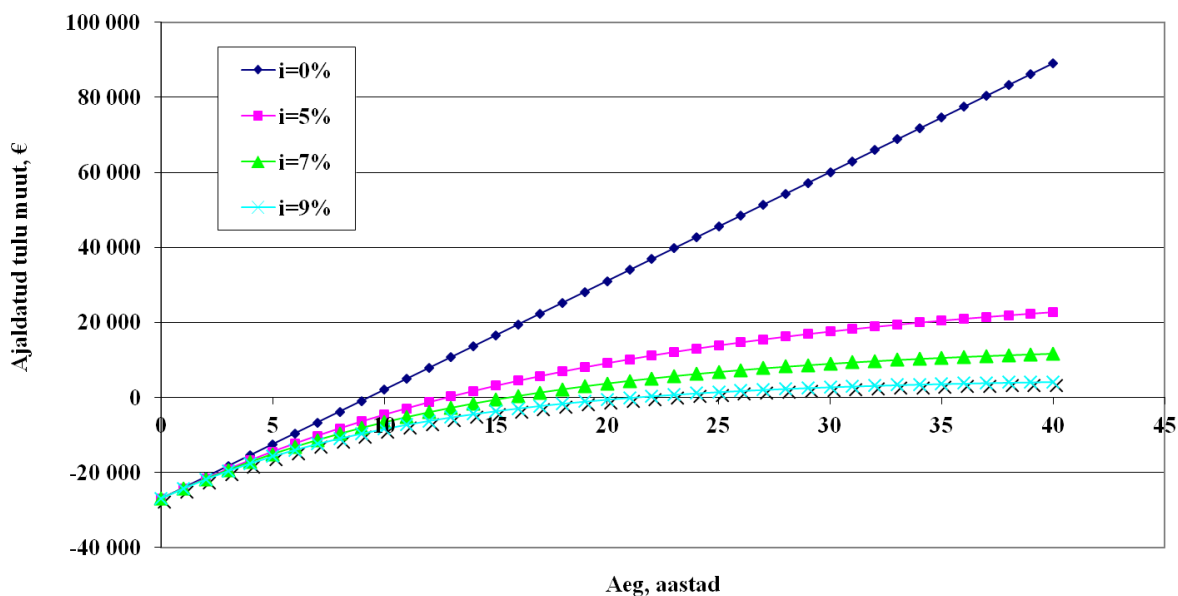
Sele 3.1. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 16000 eurot

Rekonstrueerimise tasuvus
 investeeringu suurus: 21600 €
 Saavutatav rahasääst: 2902,74 €
 Soojuse hind: 53,39 €/MWh



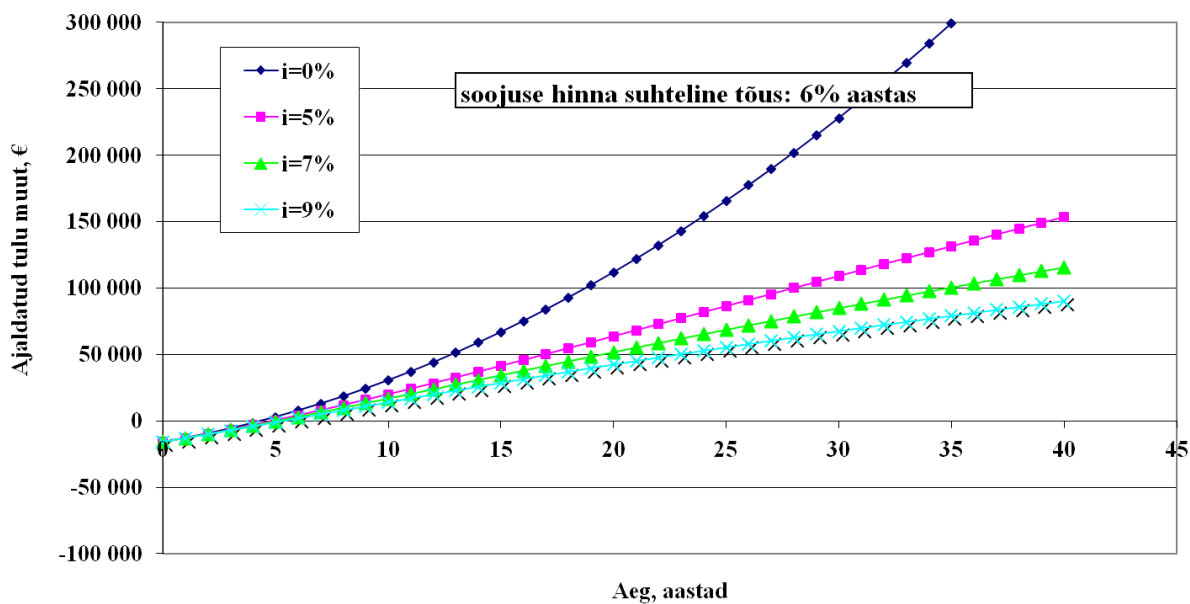
Sele 3.2. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 21600 eurot

Rekonstrueerimise tasuvus
 investeeringu suurus: 27000 €
 Saavutatav rahasääst: 2902,74 €
 Soojuse hind: 53,39 €/MWh



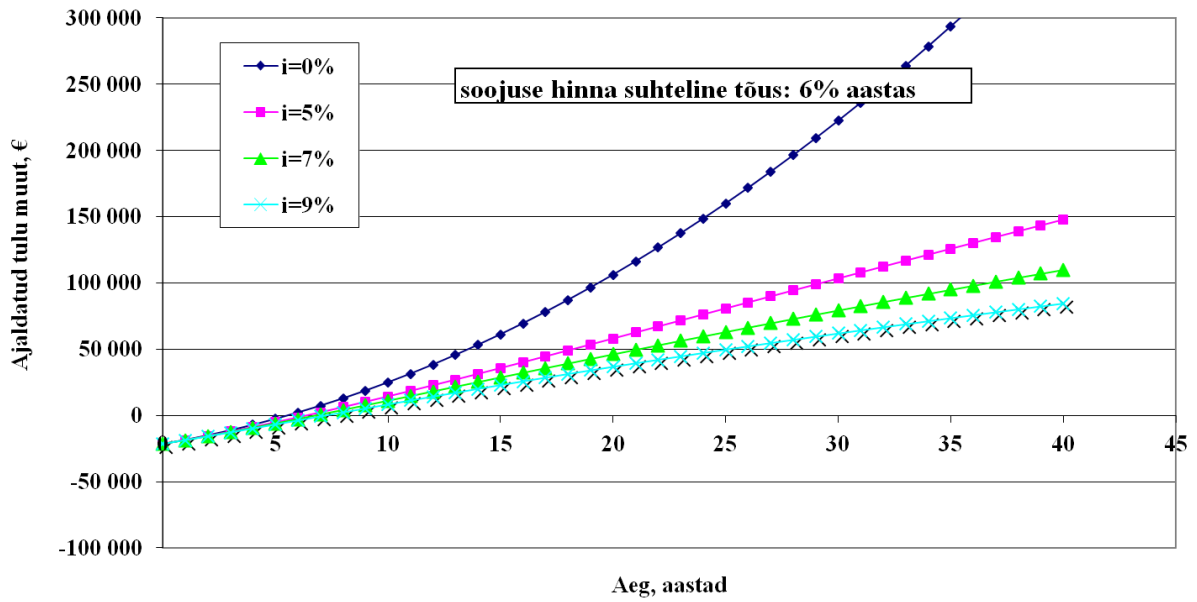
Sele 3.3. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 27000 eurot

Rekonstrueerimise tasuvus
 Investeeringu suurus: 16000 €
 saavutatav soojussääst: 2902,74 €
 soojuse hind: 53,39 €/MWh



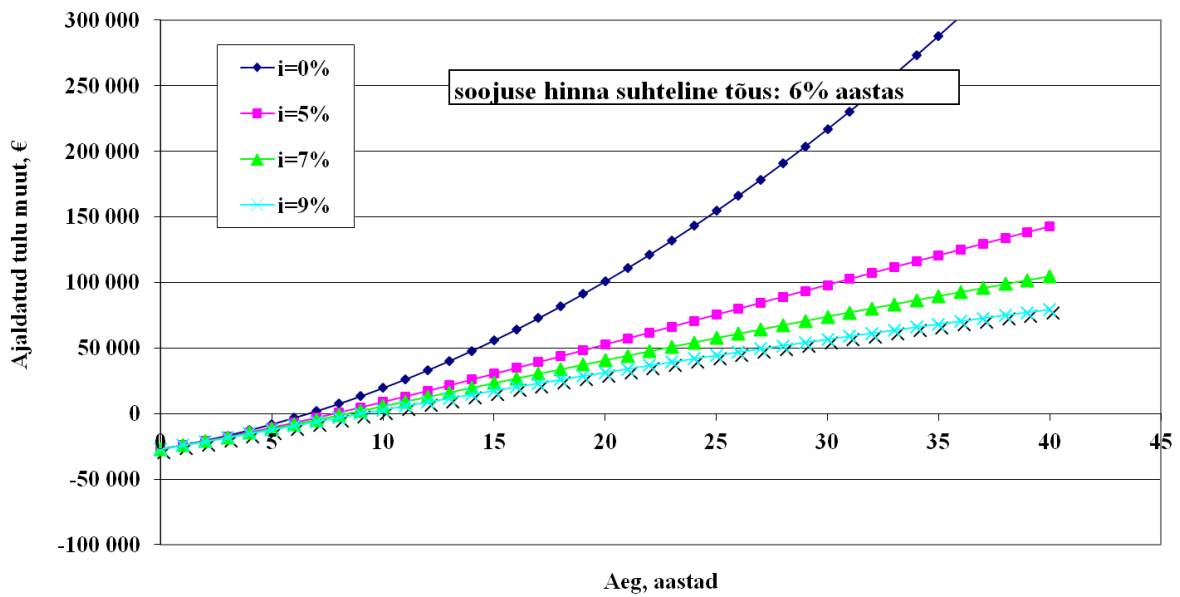
Sele. 3.4. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 16000 eurot, soojuse hinna tõus 6% aastas

Rekonstrueerimise tasuvus
 Investeeringu suurus: 21600 €
 saavutatav soojussääst: 2902,74 €
 soojuse hind: 53,39 €/MWh



Sele 3.5. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 21600 eurot, soojuse hinna tõus 6% aastas

Rekonstrueerimise tasuvus
 Investeeringu suurus: 27000 €
 saavutatav soojussääst: 2902,74 €
 soojuse hind: 53,39 €/MWh



Sele 3.6. Tasuvusaeg, alginvesteeringuga 27000 eurot, soojuse hinna tõus 6% aastas

4 MUUD ENERGIASÄÄSTUMEETMED

4.1 Päikesekollektorid

Sooja vee valmistamiseks on võimalik kasutada päikesekollektoreid. Meie kliimavööndis saab kasutada sooja vee tootmiseks päikeseenergiat kevadise ja sügise pööripäeva vahelisel ajal. Efektiivne sooja tarbevee süsteemi puhul peab olema torustik korralikult soojustatud, ringlustorustik peab olema tasakaalustatud. Energiasääst kujuneb vana torustiku renoveerimisel [6]. Päikesekollektorite puhul kujuneb alginvesteering võrdlemisi kõrgeks, sest sellise juhul tuleb hoonesse paigaldada vastavad torustikud, keldrisse salvestid. Koos sellega tuleb ka majasisene torustik välja vahetada ning paigaldada uus, tasakaalustatud torustik, ringluspumbad jne.

4.2 Soojuspumbad

Soojuspumba kasutamine küttesüsteemis on põhjendatud siis, kui tema poolt küttesüsteemi antava soojuse omahind on madalam, kui alternatiivsed lahendused. Õhk-õhk soojuspump võimaldab korteri või eramu aastast küttemaksumust umbes kaks korda vähendada võrreldes otsese elektriküttega. Maasoojuspumbas kasutatakse suhteliselt madalate aasta keskmiste kütteperioodi välisõhu temperatuuride tingimustes. Soojuse ammutamiseks paigaldatakse torustik pinnasesse. Tuleb arvestada, et selle jaoks peab olema piisaval suur maa-ala, kuhu see paigaldada. Soojuspumpade paigaldamise kaalumisel, tuleb hinnata, kas seadmete võimsus sobib, kontrollida käivituse ja töötundide arvu [6]. Tuleb arvestada ka sellega, et soojuspumpadel on temperatuurivahemikud, milles soojuspump töötab. Temperatuuride langemisel allapoole tööpiiri, lülitub süsteem ümber elektriküttele.

5 KOKKUVÕTE

Korterelamu aadressil Tallinna 72, Kuressaare on 18 korteriga hoone, millest 13 korterit on elektriküttel, kogupindalaga 731m² ja 5 on kaugküttel, kogupindalaga 314 m². Summaarne köetav pindala on 1045 m². Korterelamus on teostatud erinevad renoveerimistööd, kuid lahendamata on küttesüsteemi probleem. Hetkeolukorral on kortermajas olev kombineeritud küte ei ole efektiivne. Hoones oleva soojusvaheti võimsus on piisav, et varustada kogu hoone soojusega.

Elektriküttel korteritel ja kaugküttel korteritel on väga suur erinevus soojustarbel ruutmeetrile. Elektriküttel korterid tarbivad ühele ruutmeetrile keskmiselt 0,099 MWh aastas, kaugküttel korterid 0,163 MWh aastas (üleviiduna normaalaastale). Soojuse erikulu suhe ruutmeetrile on 1,64. Tulemuste põhjal kaugküttel korterid kütavad peaaegu tervet maja, sest elektriküttel korterid on kas elaniketa, või eelistavad elanikud hoida korterite siseselt väga madalat temperatuuri, mis aga tingib soojusvoo läbi seinte ning sooja õhu liikumise läbi ventilatsioonišahtide. Elektriküttel korterites on kasutusel radiaatorid, mis reageerivad välistemperatuuride muutusele kiiremini kui kaugküte, mis võib olla samuti põhjuseks, miks on kaugküttel korteritel oluliselt suurem soojustarve.

Kombineeritud küttele kulutavad elektriküttel korterid aastas keskmiselt 6761,75 eurot (võetud keskmisena kolme aasta kohta), samas kaugküttel korterid kulutavad 2727,12 eurot. Vaatamata suurele erinevusele koormuses on hetkel turul valitsevate hindade tõttu kaugküte odavam kui elektriküte. Summaarselt kulutatakse aastas keskmiselt 9488,87 eurot soojusele. Minnes üle kombineeritud kütelt kaugküttele oleks iga-aastane sääst 2902,74 eurot (arvestamata energiahindade tõusu), mis on 30% praegustest kulutustest.

Torustike renoveerimisel on alginvesteeringuteks võetud kolm erinevat summat, mis on vastavalt 861 eurot (võetud 2007. aastal teostatud renoveerimistööde andmete põhjal korterelamu Paldiski mnt 171), 1200 eurot ja 1500 eurot korteri kohta. Koguinvesteering oleks vastavalt 16000 eurot, 21600 eurot ja 27000 eurot.

Energiahindade tõusu arvestamata oleks tasuvusaeg diskonteerimismääral 8% alginvesteeringul 16000 eurot – 8 aastat; alginvesteeringul 21600 eurot – 12 aastat; alginvesteeringul 27000 eurot – 18 aastat. Arvestades energiahindade tõusu 6% aastas, arvutatud vastavalt viimase kümne aasta keskmisele hinna muutusele Kuressaare Soojuses, oleks tasuvusaeg diskonteerimismääral 8% alginvesteeringul 16000 eurot – 6 aastat; alginvesteeringul 21600 eurot – 8 aastat; alginvesteeringul 27000 eurot – 9 aastat. Mida kõrgem on energia hindade tõus, seda lühemaks tasuvusaeg kujuneb.

Saadud tulemuste põhjal on ilmne, et tarvis on leida alternatiivne lahendus küttesüsteemile, et ei esineks olukorda, kus osad korterid võtavad enda peale kogu hoone kütmise. Seega on antud töö edukalt täitnud talle püstitatud ülesanne veenduda elektriküttelt kaugküttele ülemineku kuluoptimaalsuses. Antud töö edasiarendused võiksid sisaldada alternatiivsete küttelehenduste uurimist, mida on antud lõputöös lühidalt käsitletud. Samuti võiks uurida hoone ventilatsioonisüsteemi renoveerimise vajalikkust ning võimalusi.

6 SUMMARY

Apartment building at Tallinn street 72, Kuressaare is a 18-apartment building. 13 apartments are on electrical heating (living area 731 m²). Five apartments are on district heating (living area 313,8 m²). Total heated area - 1045 m². Some renovational work has been done in the building but the heating problem is not resolved, Combined heating system – currently used in the building – is not effective. The capacity of the heat exchanger is sufficient to supply heat to all of the apartments.

Electrically heated apartments and apartments with district heating have a big difference in consumption of heat per square meter. Electrically heated apartments consume an average of 0,099 MWh per year for one square meter, at the same time apartments with district heating consume 0,163 MWh per year for one square meter. Electrically heated apartments have lower consumption because some of the apartments are unoccupied or the residents prefer to keep the temperature low. This brings to an effect, where five apartments with district heating are the main resource for heat inside the building. The warm air moves through the ventilation system from apartments with higher temperature to apartments with lower temperature.

Electrically heated apartments pay total 6761,75 euros per year for their heating. At the same time apartments with district heating pay 2727,12 euros. It is clear that the district heating is cheaper than electric even though apartments with district heating have a higher consumption of heat. Overall, an average of 9488.87 per year is spent on heating. With transition from combined heating to district heating there could be an annual saving of EUR 2902.74, which is 30 % of current expenditures.

The initial investment in renovation of the piping system is 861 euros (taken on the basis of renovation of apartment building on Paldiski street 171 in 2007), 1200 euros and 1500 euros per apartment. The total investment would be in accordance 16 000 euros, 21 600 euros and 26 000 euros.

Without taking in account the escalating prices of energy, with discount rate 8% the payback period of the original investment is: 16 000 EUR – 8 years, 21 600 EUR – 12 years and 27 000 EUR – 18 years. Taking in account the rise in energy prices by 6% per annum the payback period with 8% discount rate, the original investment is: 16 000 EUR – 6 years, 21 000 EUR – 8 years and 26000 eur – 9 years.

Based on these results , it is obvious that it is necessary to find an alternative solution for the heating system. Therefore, this project successfully fulfilled the task assigned to make sure that district heating is more cost-optimalt than electrical heating. This work could include further developments of alternative heating solutions, which is briefly discussed in this thesis. It could also examine the ventilation system of the building.

7 KASUTATUD KIRJANDUS

1. European Parliament, Council. - *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*. 2010. a.
2. European Environment Agency. - *Energy and non-energy related greenhouse gas emissions (ENER 001)*. 2011. a.
3. Hääl, K., Laur, T., Sasi, L., Vares, V. (2006).Energiasääst korterelamus [WWW]
http://www.kredex.ee/public/Energiatohusus/Infomaterjalid/energias_st_korterelamus.pdf
(20.04.2014)
4. Eesti Pank, ISSN 1736-7859. Rahapoliitika ja Majandus. [WWW]
<http://www.eestipank.ee/publikatsioon/rahapoliitika-ja-majandus/2013/rahapoliitika-ja-majandus-12013> (20.04.2014)
5. Tusov, T. Palkeramu madalenergia ja energiatõhususe miinimumnõuete saavutamise ehitustehnilised ja –majanduslikud lahendused. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2014.
6. Hoone energiaaudiitorite koolitus. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2008.
7. Kõiv, T.-A., Loigu, E. Eesti Kraadpäevad. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006.
8. Euroopa Komisjon. - KOMISJONI DELEGEERITUD MÄÄRUS (EL) nr 244/2012. *Euroopa liidu teataja*. 2012. a.
9. SA KredEx [WWW]
http://www.kredex.ee/public/Energiatohusus/BEEN/BEEN_BPP_raport.pdf (20.05.2014)

8 LISAD

Lisa 1. Elektritariifid

triifid	Öine EUR/kWh	Päevane EUR/kWh	Ööpäeva keskmise tariif EUR/kWh
2011			
kuni juuli	0,07	0,1	0,085
alates juuli	0,06	0,09	0,075
2012			
	0,07	0,1	0,085
alates aug	0,07	0,11	0,09
2013			
	0,09	0,13	0,11
alat. Vebr	0,1	0,12	0,11
alat. Märts	0,1	0,13	0,115
alat mai	0,09	0,12	0,105
alat juuni	0,1	0,15	0,125
alat juuli	0,1	0,12	0,11
alat. August	0,09	0,13	0,11
alat. Sept	0,1	0,14	0,12
alat. Nov	0,1	0,13	0,115
alat. Dets	0,09	0,12	0,105

Tariifid	Terve aasta kohta keskmine EUR/MWh kuus
2011	80
2012	87,50
2013	113,333

Lisa 2. Elektriküttel korterite vee kulu

Korter	1	7	8	12	18
Aasta	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
2011	155	106	64	45	64
2012	142	83	66	42	56
2013	132	84	62	39	63
Keskmine	143	91	64	42	61

Lisa 3. Kraadpäevad Ristna piirkonnas

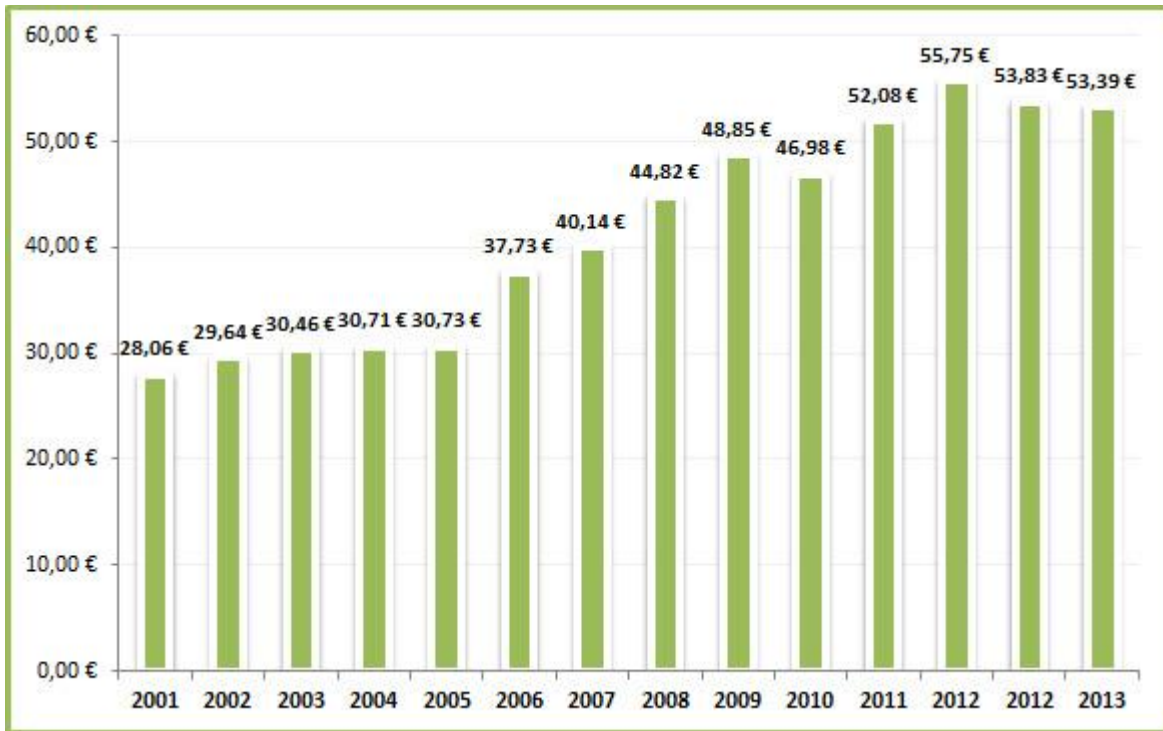
Normaalaasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel kuude kaupa														
Tasakaalutemp. t _B	jaanuar	veebruar	märts	aprill	mai	juuni	juuli	august	september	oktoober	november	detsember	Aasta	
1	88	107	55	6	0	0	0	0	0	2	18	57	333	
2	109	129	78	14	0	0	0	0	0	3	26	74	433	
3	134	154	105	27	0	0	0	0	0	5	37	94	555	
4	162	181	134	45	2	0	0	0	0	8	50	117	699	
5	192	209	165	67	5	0	0	0	0	13	66	144	861	
6	223	237	196	91	11	0	0	0	1	20	86	174	1037	
7	254	265	227	118	20	0	0	0	1	29	109	204	1226	
8	285	294	258	145	33	1	0	0	3	40	136	234	1428	
9	316	322	289	173	51	2	0	0	6	56	164	265	1644	
10	347	350	320	201	72	5	0	0	11	77	194	296	1873	
11	378	378	351	231	95	11	0	0	19	101	223	327	2115	
12	409	407	382	260	121	21	1	1	30	129	253	358	2371	
13	440	435	413	290	148	35	2	2	45	158	283	389	2640	
14	471	463	444	320	176	53	5	6	64	189	313	420	2923	
15	502	491	475	349	205	74	11	12	88	220	343	451	3222	
16	533	520	506	379	234	99	23	23	114	251	373	482	3537	
17	564	548	537	409	264	125	41	39	142	282	403	513	3867	
18	595	576	568	439	294	152	63	61	171	313	433	544	4210	
19	626	605	599	469	325	181	88	86	201	344	463	575	4562	
20	657	633	630	499	356	210	115	113	230	375	493	606	4918	
21	688	661	661	529	387	240	143	143	260	406	523	637	5279	

2011. aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel kuude kaupa														
Tasakaalutemp. t _B	jaan.2011	veebr.2011	märts.2011	apr.2011	mai.2011	juuni.2011	juuli.2011	aug.2011	sept.2011	okt.2011	nov.2011	dets.2011	Aasta	
1	79	212	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	332	
2	108	238	68	4	0	0	0	0	0	0	1	1	421	
3	139	266	99	18	1	0	0	0	0	0	2	5	530	
4	170	294	130	37	5	0	0	0	0	0	3	11	652	
5	201	322	161	57	11	0	0	0	0	0	5	26	784	
6	232	350	192	79	18	0	0	0	0	0	9	49	931	
7	263	378	223	105	27	0	0	0	0	0	17	77	1091	
8	294	406	254	135	37	0	0	0	0	2	33	107	1268	
9	325	434	285	165	51	0	0	0	0	7	56	138	1461	
10	356	462	316	195	70	0	0	0	0	16	83	169	1668	
11	387	490	347	225	95	1	0	0	0	32	111	200	1888	
12	418	518	378	255	122	2	0	0	0	55	141	231	2121	
13	449	546	409	285	151	3	0	0	1	82	171	262	2360	
14	480	574	440	315	181	7	0	0	7	110	201	293	2607	
15	511	602	471	345	211	21	0	0	18	140	231	324	2874	
16	542	630	502	375	241	40	0	1	40	171	261	355	3159	
17	573	658	533	405	272	60	1	9	67	202	291	386	3457	
18	604	686	564	435	303	80	4	28	96	233	321	417	3771	
19	635	714	595	465	334	102	16	50	125	264	351	448	4100	
20	666	742	626	495	365	124	32	75	155	295	381	479	4436	
21	697	770	657	525	396	147	53	104	185	326	411	510	4782	

2012. aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel kuude kaupa													
Tasakaalutemp. t _B	jaan.2012	veebr.2012	märts.2012	apr.2012	mai.2012	juuni.2012	juuli.2012	aug.2012	sept.2012	okt.2012	nov.2012	dets.2012	Aasta
1	98	158	25	4	0	0	0	0	0	0	11	145	441
2	122	186	39	10	0	0	0	0	0	1	15	172	545
3	146	215	60	20	0	0	0	0	0	3	19	201	665
4	173	244	86	33	0	0	0	0	0	8	24	231	799
5	202	273	116	50	1	0	0	0	0	13	31	262	949
6	233	302	147	70	5	0	0	0	0	21	43	293	1115
7	264	331	178	94	11	0	0	0	0	30	60	324	1293
8	295	360	209	121	20	0	0	0	0	42	82	355	1485
9	326	389	240	149	32	2	0	0	0	56	111	386	1691
10	357	418	271	178	48	5	0	0	1	73	141	417	1909
11	388	447	302	208	67	13	0	0	4	92	171	448	2140
12	419	476	333	238	91	24	0	0	7	116	201	479	2384
13	450	505	364	268	117	42	0	0	13	143	231	510	2643
14	481	534	395	298	145	67	1	3	26	172	261	541	2924
15	512	563	426	328	173	96	2	7	44	203	291	572	3218
16	543	592	457	358	202	126	7	18	67	234	321	603	3527
17	574	621	488	388	231	156	22	32	95	265	351	634	3856
18	605	650	519	418	260	186	42	53	125	296	381	665	4199
19	636	679	550	448	290	216	68	79	155	327	411	696	4554
20	667	708	581	478	320	246	95	110	185	358	441	727	4915
21	698	737	612	508	350	276	123	141	215	389	471	758	5277

2013. aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel kuude kaupa													
Tasakaalutemp. t _B	jaan.2013	veebr.2013	märts.2013	apr.2013	mai.2013	juuni.2013	juuli.2013	aug.2013	sept.2013	okt.2013	nov.2013	dets.2013	Aasta
1	100	65	128	12	0	0	0	0	0	0	1	7	314
2	127	92	159	22	0	0	0	0	0	0	3	11	415
3	156	120	190	36	0	0	0	0	0	2	5	16	526
4	186	148	221	52	0	0	0	0	0	4	10	24	645
5	217	176	252	74	1	0	0	0	0	7	16	36	779
6	248	204	283	103	4	0	0	0	0	12	23	59	938
7	279	232	314	133	10	0	0	0	1	20	37	90	1117
8	310	260	345	163	19	0	0	0	5	30	58	121	1311
9	341	288	376	193	30	0	0	0	11	42	85	152	1519
10	372	316	407	223	43	0	0	0	17	61	115	183	1739
11	403	344	438	253	59	0	0	0	24	89	145	214	1970
12	434	372	469	283	77	2	0	0	32	120	175	245	2210
13	465	400	500	313	98	8	0	0	40	151	205	276	2457
14	496	428	531	343	124	22	0	0	51	182	235	307	2719
15	527	456	562	373	152	38	1	0	63	213	265	338	2989
16	558	484	593	403	182	57	3	3	85	244	295	369	3277
17	589	512	624	433	213	77	14	11	113	275	325	400	3587
18	620	540	655	463	244	99	35	27	143	306	355	431	3919
19	651	568	686	493	275	124	63	52	173	337	385	462	4270
20	682	596	717	523	306	150	93	82	203	368	415	493	4628
21	713	624	748	553	337	178	124	112	233	399	445	524	4990

Lisa 4. Kuressaare Soojus soojuse hinnad



Lisa 5. Hoone kaugkütte soojustarve

	jaan	veebr	märts	aprill	mai	juuni	juuli	august	sept	okt	nov	dets	KOKKU
1999	17	17	18	10	5	3,9	2,4	2	3	5	11	14	108,3
2000	16	15	14	8	6	2	3,1	2,6	2,2	5,1	11	13	98
2001	14	15	16	12	3	2,2	2,2	1,5	3	7	11	15	101,9
2002	13	10	11	6	2	3	2	1	2	8	10	14	82
2003	14	11	10	8	3	1,5	1,6	1,6	1,6	7	8,7	12,8	80,8
2004	13,3	14,2	12	7,7	3,3	1,6	1,6	1,3	1,5	7	12	12,5	88
2005	13,7	13,8	16,3	10,1	5,6	1,7	1,6	1,4	1,6	5	8,8	14,2	93,8
2006	10	10,5	12,3	7,9	4,8	2,1	1,9	2,5	1,7	3,3	6,7	7,3	71
2007	8,9	10,3	8,2	6,7	3,8	1,5	2	2,3	2,2	6,5	8,4	8,7	69,5
2008	9,3	7,9	9,1	5,6	3,6	2	2	2	3,5	5,6	7,1	8,8	66,5
2009	8,5	9	7,4	4,6	2,4	1,3	1,3	1,2	1,4	5,9	6,8	10	59,8
2010	12,8	10,7	9,2	6,5	3,1	1,3	1,7	1,2	1,2	6	8,8	12,3	74,8
2011	9,3	11,8	8,5	6,1	2,4	1,3	1,1	1,3	1,1	4,4	5,9	7,7	60,9
2012	9,1	10,7	8	5	2,9	1,3	1,1	1,3	1,2	5,3	7	10,5	63,4
2013	11,5	9,3	10,7	6,2	2,2	1,1	1,1	1,3	1,2	4	5,8	7,9	62,3