



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

---

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut



## **Orgaaniline Rankine'i ringprotsessil põhinevate koostootmisseadmete rakendamine kaugküttevõrkudes**

Implementation of Organic Rankine Cycle Cogeneration Plants in District Heating Areas

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Peep Reidolf

Üliõpilaskood: 143945AAHM

Juhendaja: dots Eduard Latõšov

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

<p><i>Autor:</i> Peep Reidolf</p> <p><i>Töö pealkiri:</i> „ORGAANILINE RANKINE'I RINGPROTSESSIL PÕHINEVATE KOOSTOOTMISSEADMETE RAKENDAMINE KAUGKÜTTEVÕRKUDES“</p> <p><i>Kuupäev:</i> 13.10.2015</p>	<p><i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö</p> <p>70 lk</p>
<p><i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool</p> <p><i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond</p> <p><i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut</p>	
<p><i>Töö juhendaja:</i> dotsent Eduard Latõšov</p>	
<p><i>Sisu kirjeldus:</i> Käesoleva magistritöö eesmärgiks on analüüsida kas Orgaaniline Rankine'i ringprotsessil (ORC) põhinevate koostootmisseadmete rakendamine väikestes kaugküttevõrkudes on majanduslikult otstarbekas või mitte.</p> <p>Uurimistöö käigus teostati juhtumianalüüsid kolmele erineva soojustarbimisega kaugküttevõrgule. Kaugküttevõrkude modelleerimise käigus koostati soojustarbimise ja soojusväljastuse koormusgraafikud. Kaugküttevõrgu jaoks sobivad ORC koostootmisseadmed valiti kindlate tehnilis-majanduslike näitajate alusel olemasolevate standardlahenduste seast.</p> <p>Majandusliku tasuvuse hindamiseks arutati rahavoogude diskonteeritud nüüdispuhasväärtus (NPV) ja sisemine tasuvuslävi (IRR). Lisaks teostati tundlikkuse analüüs järgmiste mõjurite suhtes: soojuse hind, ORC seadme investeringu suurus, puiduhakke hind. ORC tehnoloogia rakendamine erineva soojustarbimisega väikestes kaugküttevõrkudes ei ole majanduslikult alati otstarbekas. Määravaks saab kaugküttevõrgus piisava soojustarbimise puudumine. ORC koostootmisjaama rajamist tuleks kaaluda, kui täiendavalt leitakse juurde soojuskoormuseid kütteperioodi välisele ajale, tarbevee soojendamise või aastaringselt soojusenergiat tarbivate tootmisettevõtete. Tundlikkuseanalüüsist selgus, et ORC seadme investeringu suuruse ja puiduhakke hinna tõus kahandab oluliselt majanduslikku tasuvust. Autori hinnangul võiks ORC koostootmisele üleminekut kaaluda neis kaugküttevõrkudes mille soojuse väljastuse mahud algavad 6 500 MWh aastas.</p>	
<p><i>Märksõnad:</i> Orgaaniline Rankine'i ringprotsess, kaugküte, taastuvenergia, koostootmine, majanduslik tasuvuse hindamine, tundlikkuse analüüs</p>	

## Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Peep Reidolf	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Implementation of Organic Rankine Cycle Cogeneration Plants in District Heating Areas	
<i>Date:</i> 13.02.2015	<i>70 pages</i>
<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> Associate Professor Eduard Latõšov	
<p><i>Abstract:</i> Economical evaluation of combined Heat and Power (CHP) production based on Organic Rankine Cycle (ORC) in district heating (DH) networks</p> <p>Case studies were carried out in three different district heating networks. Based on relevant heat curves conventional ORC solutions on the market, were selected.</p> <p>To evaluate economical performance, net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) were calculated. For taking into account the risks may arise, sensitivity analysis were calculated. Variables included in calculations such as investment cost of ORC based CHP, cost of feedstock and sales value of heat.</p> <p>Exploitation of ORC in small district heating networks, depends most of all availability of heat demand. As heating season is limited and during summer period is lack of heat use, additional heat usage should be developed such as all year round heat consuming industrial company. Without having stable and reliable heat consumer it is challenging to prove economic reasonability of operating ORC based CHP.</p> <p>In conclusion as per authors suggestions, the economic sense of such kind of CHP's will be economically viable from DH heat demand 6500 MWh<sub>th</sub> annually.</p>	
<i>Keywords:</i> Organic Rankine Cycle, District heating, Renewable energy, Combined heat and power, Economic assesment and Sensitivite analysis	

# Sisukord

<b>Eessõna</b> .....	<b>7</b>
<b>Sissejuhatus</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Kaugküte ja energia tootmine Eestis</b> .....	<b>12</b>
1.1. Kaugküte Eestis .....	12
1.2. Energia tootmine.....	13
1.3. Biomass energiaallikana .....	16
<b>2. Orgaaniline Rankine'i tsükkel (ORC)</b> .....	<b>19</b>
2.1. ORC tehnoloogia rakendamise võimalused erinevate soojusallikate korral .....	20
2.2. ORC tootjad .....	21
<b>3. Juhtumi analüüsid</b> .....	<b>23</b>
3.1. Kaugküttevõrkude valik.....	23
3.2. Soojusallikate ja seadmete valik .....	24
3.2.1. Soojustarbimise viimine kraadpäevadele .....	25
3.2.2. Tootmiseseadmete valik.....	26
3.3. Majandusarvutuste taustandmed ja eeldused .....	27
3.3.1. Kaugküttevõrkude tulud.....	27
3.3.1.1. Soojuse hind .....	27
3.3.1.2. Elektri hind.....	27
3.3.1.3. Taastuvenergia toetus.....	28
3.3.2. Kaugküttevõrkude kulud.....	28
3.3.2.1. Esialgne rahavoog.....	28
3.3.2.2. Tegevuskulud.....	30
3.4. Investeeringute tasuvuse hindamine .....	30
3.4.1. Tasuvusaeg .....	31
3.4.2. Nüüdispuhasväärtus NPV.....	31
3.4.3. Sisemine tulunorm või tulumäär IRR.....	32
3.4.4. Kapitali kaalutusd keskmine hind (WACC) .....	32
3.5. Vastseliina alevik .....	33
3.6. Väike-Maarja alevik .....	37
3.6.1. Turboden T200 split rakendamine Väike-Maarja kaugküttevõrgus .....	38
3.6.2. Turboden 3 CHP rakendamine Väike-Maarja kaugküttevõrgus .....	41
3.7. Aseri alevik.....	44
3.7.1. Turboden 3 CHP rakendamine Aseri kaugküttevõrgus .....	45
3.7.2. Turboden 4 CHP split rakendamine Väike-Maarja kaugküttevõrgus.....	48
<b>Kokkuvõte</b> .....	<b>52</b>
<b>Kirjandus</b> .....	<b>55</b>
<b>Lisad</b> .....	<b>61</b>
<b>L.1. Vastseliina kaugküte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden T200 split rakendamisel</b> .....	<b>61</b>
<b>L.2. Vastseliina koostootmisjaama rahavood</b> .....	<b>62</b>
<b>L.3. Väike-Maarja kaugküte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden T200 split rakendamisel</b> .....	<b>63</b>
<b>L.4. Väike-Maarja koostootmisjaama rahavood Turboden T200 split rakendamisel</b>	<b>64</b>

- L.5. Väike-Maarja kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden 3 CHP rakendamisel .....65**
- L.6. Väike-Maarja koostootmisjaama rahavood Turboden 3 CHP rakendamisel ..... 66**
- L.7. Aseri kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden 3 CHP rakendamisel ..... 67**
- L.8. Aseri koostootmisjaama rahavood Turboden 3 CHP rakendamisel ..... 68**
- L.9. Väike-Maarja kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden 4 CHP split rakendamisel..... 69**
- L.10. Väike-Maarja koostootmisjaama rahavood Turboden 4 CHP split rakendamisel.. 70**

## Eessõna

Magistritöö teema valikul sai määravaks eelkõige isiklik huvi Orgaaniline Rankine'i ringprotsessil põhineva energiatootmise vastu ning oli ajendiks käesoleva magistritöö kirjutamisel.

Täna juhendajat Eduard Latõšov`i, kes aitas magistritöö struktuuri koostamisel ja kirjutamise juhendamisel. Minupoolsed tänusõnad kuuluvad lisaks heale kaaslasele Ain Laidojale, kellega on alati olnud hea võimalus antud teemal mõtteid vahetada.

Erilised tänusõnad kuuluvad mu abikaasale Merlile, kes on olnud alati suureks toeks nii minu õpingute alustamisel kui kogu hilisema õpingute perioodi jooksul.

Peep Reidolf

Mäepealse 12-3, Tallinn

Mob 5628 138

## Sissejuhatus

Inimkonna tegevus on üks kliimasoojenemise põhjustajatest ja viinud arusaamani et kasvuhoonegaaside emissiooni (KHG) vähendamise tulemusena on võimalik seda pidurdada või siis olukorda parandada. Eeldused selleks on loodud eelkõige rahvusvahelise kokkuleppe raames sõlmitud ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni lisa Kyoto protokolliga ning mille osaks on ka Euroopa Liidu (EL) poolt võetud 20-20-20 plaan. Eesti on EL liikmena antud eesmärgi saavutamiseks koostanud vastavalt kavadele "Eesti energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2020" ja "Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020".

EL tasemel käivad hetkel arutelud ning pannakse paika suuniseid aastani 2050. Leitakse, et taastuvenergiapõhine küte ja jahutus on CO<sub>2</sub>-heite vähendamiseks väga oluline.

Energia tarbimises on vaja liikuda vähese CO<sub>2</sub>-heitega ja kohalike energiaallikate kasutamise poole (k.a soojuspumbad ja soojussalvestid) ning taastuvenergia poole (nt päikeseküte, geotermiline energia, biogaas ja biomass), kaasa arvatud kaugküttesüsteemides [1].

Kaugküttele on külmade talvedega liikmesriikides pikad traditsioonid. Mõnes riigis peetakse kaugkütet atraktiivseks valikuvõimaluseks ettevõtjate ja tarbijate jaoks ning vahendiks, millega saab suurendada energiatõhusust ja taastuvate energiaallikate kasutamist [2].

Biomassi, kui CO<sub>2</sub> neutraalne kütuse kasutamine on hüppeliselt kasvanud. Primaarenergia allikana annab biomass juba täna olulise panuse fossiilsete kütusete asendamisel energia tootmises. Kuid tulevikus peame arvestama enam asjaoluga, kus biomassil kui toormel seisab ees oluline roll teise ja kolmanda põlvkonna biokütuste tootmisel, seda muude taastuvenergia allikate tuule ja päikese kõrval.

Kui varasemalt oli tehnoloogiate areng suunatud energiavajaduste rahuldamisel fossiilsete kütuste kasutuselevõtule ja tsentraliseerimisele, siis viimastel kümnenditel on vastupidiselt tähelepanu suunatud taastuvenergia lahendustega seotud tehnoloogiate arendamisele ja kasutuselevõtule lokaalsemalt.

Eesti madala CO<sub>2</sub>-heitega majanduse ülemineku võtmeteguriks on muutused energiasektoris.

Ekspertide hinnangul on Eestis energeetikas erinevate stsenaariumide kohaselt võimalik 2050. aastaks 59–92%-line KHG heitkoguste alanemine [3].

Vähese CO<sub>2</sub>-heitega majandusele üleminekuga seotud kulud ei erine märkimisväärselt kuludest, mis tuleb paratamatult kanda seoses vananeva energiasüsteemi uuendamisega, fossiilkütuste



hinnatõusuga ning kehtiva kliima- ja energiapoliitika järgimisega. Samas vähenevad märkimisväärselt kütustega seotud kulud ja suurenevad suure lisandväärtusega innovatiivsetele seadmetele tehtavad kulutused, mis stimuleerivad uuenduslikesse toodetesse ja teenustesse investeerimist, aitavad kaasa töökohtade loomisele ja majanduskasvule ning parandavad EL kaubandusbilanssi [4].

Erinevate taastuvate energiaallikate (sh bioenergia) kasutuselevõtt nõuab reeglina suuri rahalisi väljaminekuid eelkõige tehnoloogia investeringuteks. Eesti Maaülikooli poolt läbi viidud uuringu põhjal pidasid ettevõtjad samuti uutesse taastuvenergiaallika liikidesse investeerimisel takistavateks teguriteks peamiselt investeringute liigset mahukust ning liiga pikka investeringu tasuvuse aega [5].

Uuringu „Koostootmise jälgimine ja levitamine Euroopas“ esitatud aruandes tuuakse välja, et elektrienergia koostootmise positiivne trend Eestis on põhjustatud taastuvate energiaallikate kasvavast kasutamisest traditsioonilise omamaise põlevkivi kõrval ning koostootmise arendamisel keskendutakse peamiselt keskküttesüsteemidele. Koostootmise kiiremat arendamist Eestis takistavad peamiselt ebasoodsad turuolud, muu hulgas elektrienergia madal hind [6]. Puitkütustel baseeruvale koostootmisele on vajalik rakendada toetusmehhanisme, kuna need ei suuda võistelda fossiilsetel kütustel baseeruvate koostööjaamadega [7].

Kõige suuremat mõju kaugküttele ja koostootmisele avaldab elamumajandus, kus toimub hoonete soojustarbimise vähenemine läbi energiatõhususe, samuti soojuspumpade kasvav kasutuselevõtt [8].

Valminud Eesti energiamajanduse arengukava eelnõus tuuakse välja, et kuigi energiatarbimise struktuuri muutused on aeglased, siis aasta-aastalt elektrienergia osakaal lõpptarbimises kasvab, ning soojuse osakaal pigem kahaneb [9].

Kaugküttevõrkude probleemiks saab olema nende jätkusuutlikkus peale järk-järgulist hoonete soojustamist ja torustiku renoveerimist. Renoveerimise käigus soojustarbimine väheneb ja see mõjutab kogu küttesüsteemi. Kõige mõjutatavamad on väikesed kaugkütte võrgud.

Üheks võimalikuks lahenduseks on väikesed tahket biokütust kasutavad soojuse- ja elektri koostootmiseseadmed, mis põhinevad Orgaaniline Rankine'i ringprotsessil (ORC). ORC seadme kasutuselevõtuga primaarenergia kasutamine võrrelduna sama kütusega ainult soojust tootvate seadmetega väheneb, paranevad keskkonnamõju näitajad.

ORC seadmed on võimelised töötama väikestel koormustel, mis on ka üheks eeliseks. Väikestel koormustel töötamisel on ORC seadmed võrreldes tava veeaurutsükli baasil töötavate seadmetega suurema kasuteguriga. Soojuskandjana kasutatakse ringprotsessil orgaanilisi vedelikke, mis oma loomult on paremad kui tavapäraselt kasutatav vesi. ORC seade on hästi automatiseeritav ja saab töötada ilma püsikäidupersonalita.

Eestis on ORC seadmed hetkel rakendatud kahes suuremas kaugküttevõrgus Kuressaares ning Rakveres. Eestis ei ole ORC seadme kasutusele võtuga seotud tasuvusanalüüsi väikeste kaugküttevõrkude puhul tehtud.

Minu magistritöö eesmärk on välja uurida, millist mõju avaldab ORC seadmete rakendamine väikestele kaugküttevõrkude jätkusuutlikkusele, aidates vähendada soojuse hinda või pidurdada soojuse hinnatõusu. Töö tulemusteni jõudmiseks analüüsitakse kolme kaugküttepiirkonda, kus teostatakse soojuse- ja elektri koostootmiseseadme rakendamise osas tasuvuse analüüs, kasutades tabelarvutusi MS Excelis. Tulemused esitatakse tabelite või graafikutena. Suuremahulised tabelarvutused on toodud välja magistritöö lisas. Analüüsi teostamiseks vajalikud andmed on saadud kirjanduslikest allikatest.

Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

1. anda ülevaade kaugküttepiirkondade ja koostootmise olukorrast Eestis;
2. analüüsida ORC tehnoloogia tehnilisi ja majanduslike näitajaid;
3. viia läbi erineva soojustarbimisega kaugküttevõrkude modelleerimine, koostada soojustarbimise ja soojusväljastuse koormusgraafikud;
4. teostada sobivate ORC seadmete valik, koostada tasuvusuuringud ja tundlikkuseanalüüs;
5. anda hinnang ORC seadmete rakendamisest väikestes kaugküttevõrkudes.

Magistritöö on jaotatud kolmeks peatükiks ja kaheteistkümneks alapeatükiks. Töö esimeses osas iseloomustatakse kaugküttepiirkondi Eestis erinevate statistiliste näitajate.

Töö teises osas kirjeldatakse ORC tehnoloogilisi võimalusi ning tutvustatakse lühidalt tehnilis-majanduslike näitajate tootjate alusel.

Töö kolmandas osas kirjeldatakse uuritavaid kaugküttevõrke ning meetodikat, mille alusel on leitud koostootmisjaamale sobilik tehnoloogiline lahendus ja vastavalt sellele teostatud

tasuvusanalüüs. Töö kolmandas osas teostatakse täiendavalt tundlikkuseanalüüs ning tehakse järeldused ORC seadmete rakendamisest väikestes kaugküttevõrkudes.

Käesoleva magistritöö tulemusena on võimalik anda hinnang millistel tingimustel on ORC seadmete rakendamine väikestes kaugküttevõrkudes jätkusuutlik ning kas see võimaldab mõningal määral kaasa aidata püstitatud energiasektori eesmärkide täitmisel.

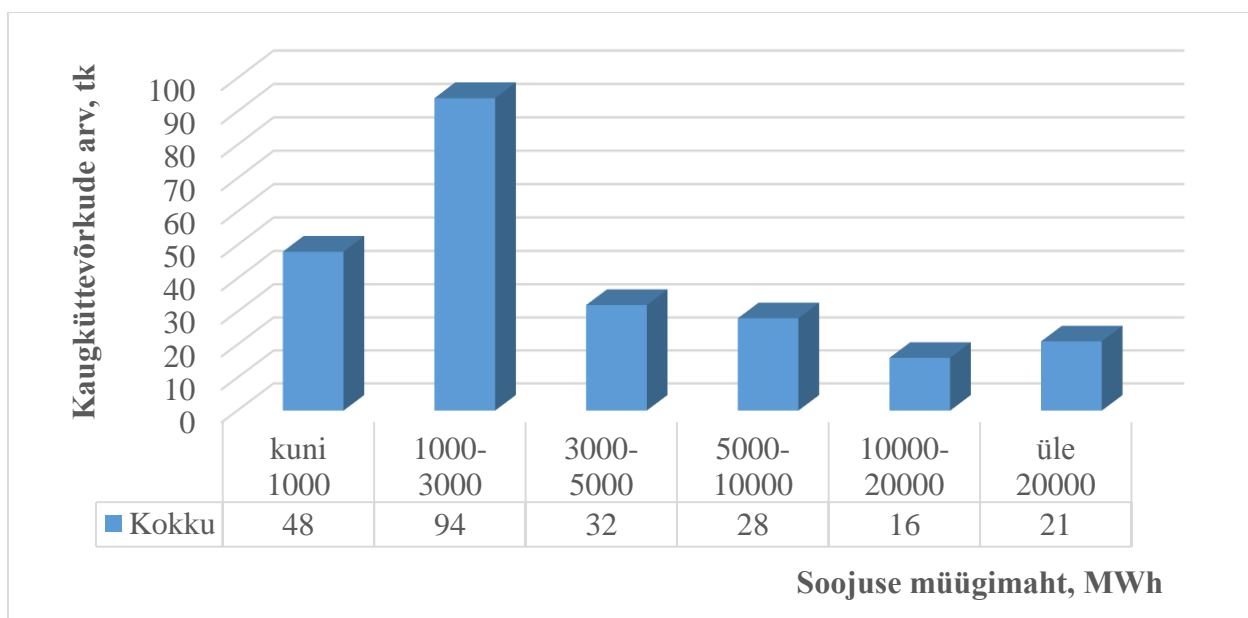
# 1. Kaugküte ja energia tootmine Eestis

Kaugküte on soojuse tootmine ja võrgu kaudu jaotamine tarbijate varustamiseks soojusega kaugküttesüsteemi kaudu [10]. Kaugküte on oluline komponent taastuvenergia paremaks ärakasutamiseks põhjamaises kliimas ning selle paremaks toimimiseks on riigid rakendanud vastavalt soovivat poliitikat.

## 1.1. Kaugküte Eestis

Eestis on kaugküte piirkond kehtestatud kohaliku omavalitsuse otsusega vastavalt Riigikogu poolt vastu võetud kaugküte seaduse alusel ning riikliku järelevalvet teostab vastavalt Konkurentsiamet. Konkurentsiameti ülesandeks on kaugküte piirkonda haldava ettevõtte hindade kooskõlastamine ja kontroll.

Eestis on kaugküte kasutusel 149-s omavalitsuses 226-st ning kaugküttesoojust kasutab hinnanguliselt ~60% elanikkonnast [11]. Kaugküttevõrkude jaotus müügiimahtude alusel on teostanud Arengufondi poolt 2012 aastal kogutud andmete põhjal ning osakaalud kirjeldatud joonisel 1.1.



*Joonis 1.1. Kaugküttevõrgupiirkondade jagunemine aastal 2012.a müügiimahtude alusel, autori arvutused [11]*

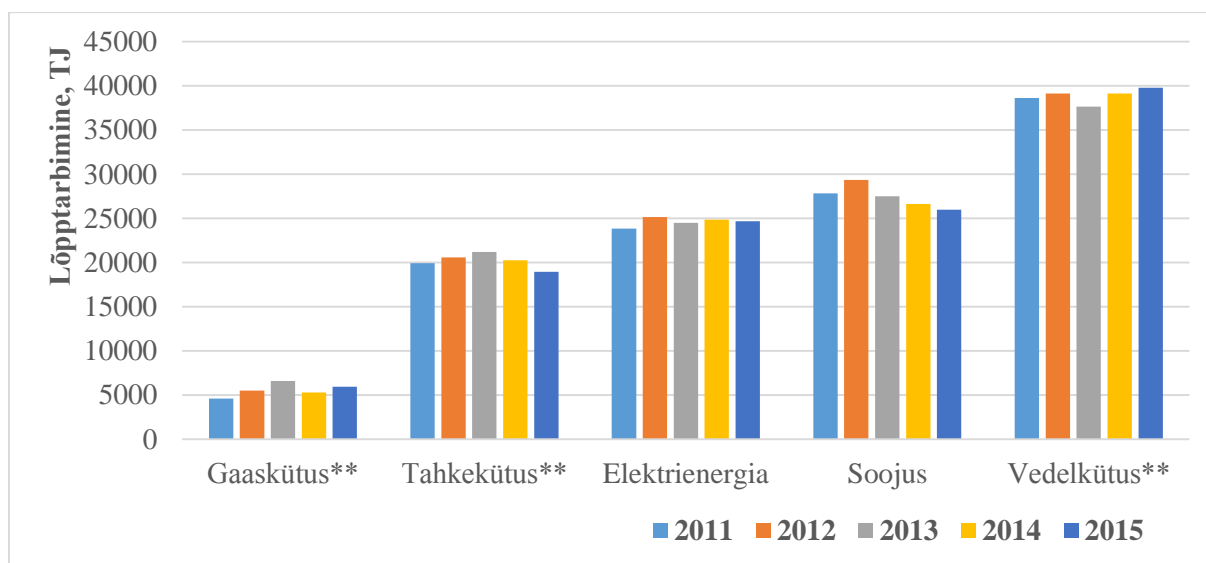
Jooniselt 1.1. selgub, et kõige rohkem on Eestis kaugkütte võrgupiirkondi, kus müügiimaht on vahemikus 1000-3000 MWh/aastas, 94 võrgupiirkonda. Eeltoodust poole vähem on kaugküttepiirkondi müügiimahuga alla 1000 MWh/aastas – 48 tükki. Suuremate kaugkütte piirkondade, mille müügimahud jäävad vahemikku 3000-5000 ja 5000-10000 MWh/aastas on mõlemal 30 ringis.

## 1.2. Energia tootmine

Järgnevalt on statistikaameti poolt kogutud statistiliste näitajate alusel vaatluse alla võetud energiasektoris toimunud arengud ajavahemikus 2011-2015.

Energia lõpptarbimine on energia, mis on saadud ja tarbitud pärast kõiki vahepealseid muundamisi teisteks energialiikideks (elektrienergia, soojus, kütus). Lõpptarbimisse ei kuulu kütuse kasutamine mitteenergeetilisteks vajadusteks, elektri jaamade omatarve ega kadu [12].

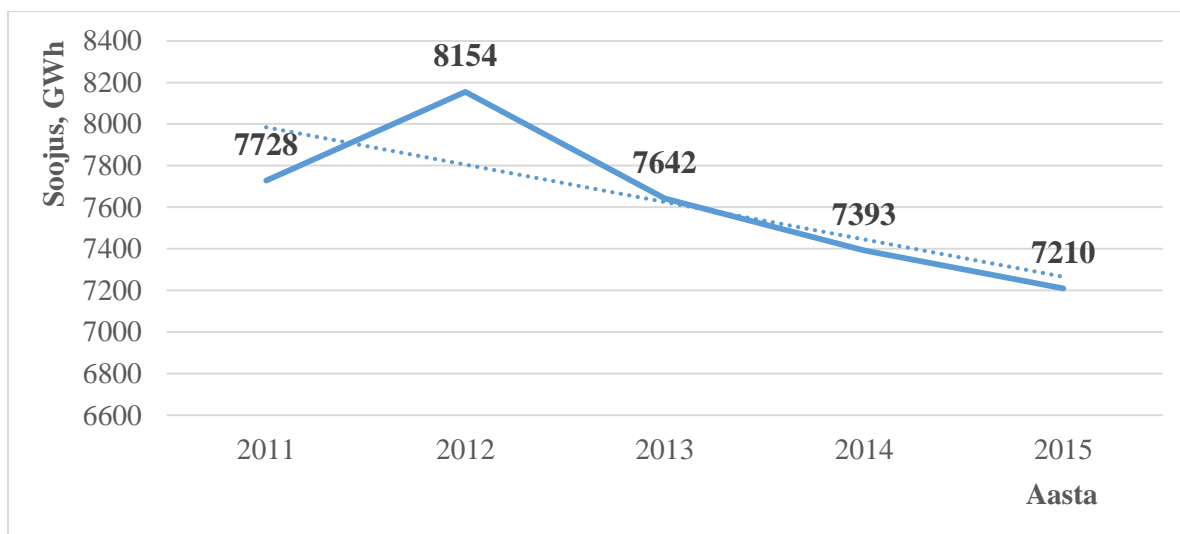
Energia lõpptarbimine oli ajavahemikul 2011-2015 kõige suurem 2012 aastal ulatudes kokku 119 000 TJ. Energia lõpptarbimise jaotust Eestis iseloomustab joonis 1.2.



**Joonis 1.2. Energia lõpptarbimine Eestis aastatel 2011-2015, autori joonis [13].**

Statistikaamet toob energia lõpptarbimises välja viis erinevat statistilist näitajat. Kuna käesolevas uurimistöös käsitleme soojuse ja elektrienergia tootmist, siis võtame vaatluse alla eelnimetatud statistilised näitajad. Elektri puhul võime vaadeldaval perioodil täheldada väikest kasvu, samas soojuse osakaal on lõpptarbimises vähenemas.

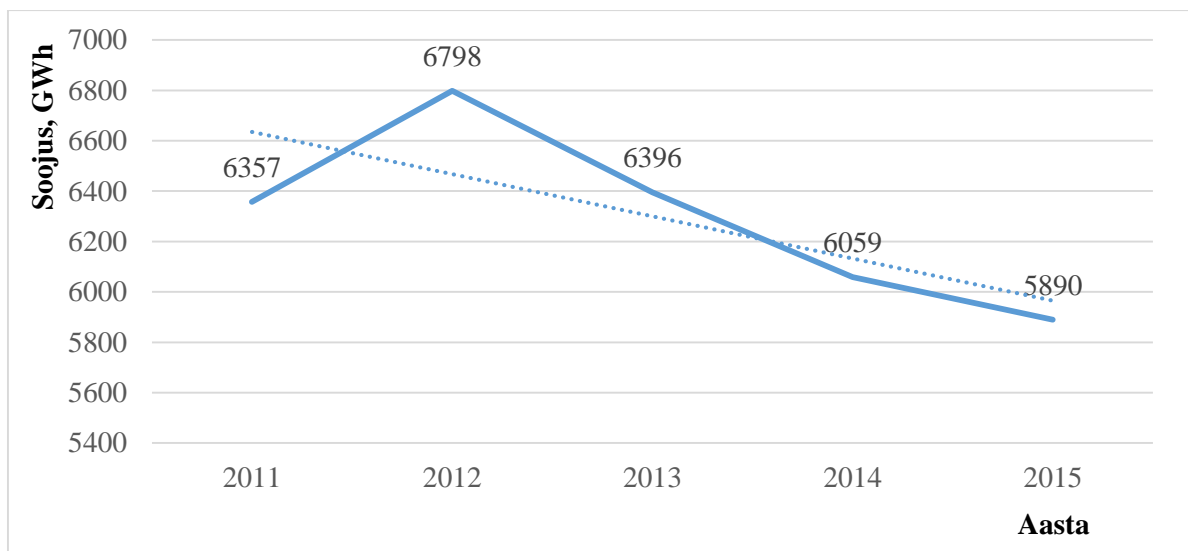
Joonis 1.3. võimaldab täpsemalt hinnata muutusi soojuse lõpptarbimise osas.



**Joonis 1.3. Soojuse lõpptarbimine ajavahemikul 2011-2015, autori joonis [13]**

Joonise 1.3. põhjal võime öelda, et soojuse lõpptarbimine on vaadeldaval perioodil vähenenud ligikaudu 500 GWh.

Joonis 1.4. iseloomustab tarbijatele müüdud soojuse hulka.



**Joonis 1.4. Tarbijatele müüdud soojuse hulk Eestis ajavahemikul 2011-2015, autori joonis [13]**

Joonise 1.4. põhjal võime öelda, et tarbijatele müüdud soojuse hulk on vaadeldaval perioodil samuti vähenenud, seda ligikaudu 400 GWh.

Eelpool toodud joonistele tuginedes võime oletada, et soojuse tarbimise vähenemine võib tähendada hinnatõusu tarbijale, aga seda juhul, kui sellega ei ole kaasnenud olulised muutused

tehnoloogiliste lahenduste valikute osas. Odavama primaarenergia, näiteks hakkepuidust saadava, osakaalu suurenemine võimaldaks hinnatõusu pidurdada esmajoones.

Statistikaameti poolt kogutud andmete põhjal on võimalik välja tuua muutused puitkütustel töötavate katelde osas.

**Tabel 1.1. Puitkütusel töötavad katlad ajavahemikul 2011-2015 [13].**

Aasta	Katelde arv aasta lõpul	Katelde summaarne võimsus, MW	Toodetud soojus, GWh
2011	853	719	1827
2012	828	719	1703
2013	798	832	1522
2014	874	933	1644
2015	844	1010	1834

Tabeli 1.1 alusel võime öelda, et ajavahemikul 2011-2015 ei ole puitkütustel töötavate katelde arv ja toodetud soojuse maht kasvanud, kuid suurenenud on katelde summaarne võimsus ligikaudu 290 MW võrra.

Soojusenergia tootmine toimub Eestis ka läbi koostootmise ning mille osakaal on viimasel kümnendil Eestis kasvanud.

Koostootmise all mõistame protsessi, kus toimub samaaegne soojus- ja elektrienergia tootmine [14]. Soojusenergiat kasutatakse peamiselt ruumide kütteks ning tarbevee soojendamiseks, aga ka absorptsioonil põhineva jahutusprotsessi käitamiseks.

Koostootmisjaamade poolt toodetud elektrienergia ja soojuse kogused on toodud tabelis 1.2.

**Tabel 1.2. Koostootmisjaamade poolt toodetud elektrienergia ja soojuse kogused ajavahemikul 2011-2015 [13]**

Aasta	Toodetud elekter, GWh	Toodetud soojus, GWh
2011	1133	2977
2012	1166	3075
2013	1235	3395
2014	1239	3515
2015	1239	3464

Tabelis 1.2. toodud näitajate alusel võime öelda, et läbi koostootmise on ajavahemikul 2011-2015 elektrienergia ja soojuse toodangud kasvanud.

Koostootmisel toodetud elektrienergia mis omatarbest üle jääb müüakse tavaliselt edasi elektri edasimüüjale. Võrku müüdava elektrienergia osas peab arvestust AS Elering.

AS-i Elering süsteemi 2015 ja 2016 aasta kokkuvõtetest on võimalik välja tuua toodetud elektrienergia kogused biomassist ja biogaasist, mis vastavalt olid 2014 aastal 753 GWh, 2015 aastal 784 GWh ja 2016 aastal 785 GWh [15][16]. Biomassist ja biogaasist toodetud elektrienergia saadakse Eestis peamiselt koostootmise teel. Antud andmetele toetudes võime öelda, et viimasel kahel aastal, ajavahemikul 2015-2016, kus biomassist ja biogaasist toodetud elektrienergia kogused on jäänud samaks täiendavaid tootmisvõimsusi k.a koostootmisel baseeruvaid nendel aastatel juurde rajatud Eestis ei ole.

Koostootmise rajamise eelduseks on piisava soojuskoormuse olemasolu. Sellisel viisil on võimalik tõsta kogu energiasüsteemi efektiivsust ja suurendada energiatootmise hajutatust [17]. Koostootmis ülevaate raportist Eesti kohta Euroopa Liiduletoodi välja, et „koostootmisest saadav primaarenergia sääst võiks moodustada rohkem kui 20% Eesti indikatiivsest primaarenergia säästu eesmärgist 2020. aastaks ning vähendada CO<sub>2</sub> heitkogust 2030. aastaks“ [6].

Ka elektrisektori arendamisel peetakse silmas, et mõistlikul määral tuleb suurendada taastuvate energiaallikate kasutamist ning koostootmiselektri toodangut. Väikeste koostootmisjaamade talitlemiseks omab biokütus olulist energeetilist potentsiaali [18].

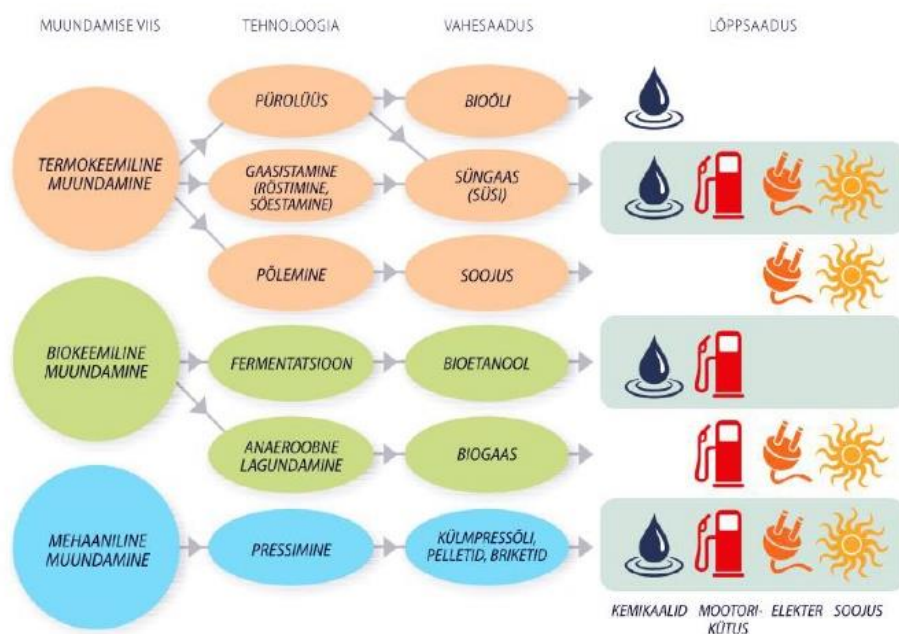
Käesolevas uurimuses käsitletakse primaarenergia allikana metsatööstusest ja sellega seotud tootmisest saadavaid jäätmeid.

### **1.3 Biomass energiaallikana**

Biomassi all mõistame Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ alusel põllumajandusest (kaasa arvatud taimsed ja loomsed ained), metsatööstusest ja sellega seotud tootmisest, sealhulgas kalandusest ja vesiviljelusest pärit bioloogilise päritoluga toodete, jäätmete ja jääkide bioloogiliselt lagunev fraktsioon ning tööstus- ja olmejäätmete bioloogiliselt lagunev fraktsioon [19].



Tehnoloogilisi võimalusi biomassi energiaks muundamiseks on mitmeid, neist tuntumad mehaaniline, biokeemiline ja termokeemiline muundamine. Muundamisviisidest ning nende lõppsaadustest annab ülevaate joonis 1.1.1.



**Joonis 1.1.1. Biomassi muundamisviisid ning lõppsaadused [20]**

Joonise 1.1.1. põhjal on lihtsaim viis on ära kasutada biomassist põlemisprotsessil eralduvat soojust elektrienergia tootmiseks. Teiste termokeemiliste ja biokeemiliste muundamiste protsessi käigus on võimalik rakendada käesolevas magistritöös kasutatavat ORC seadet jääsoojusest elektri tootmisel. Eestis põletatakse selleks peamiselt puidutööstuse ja raiejäätmeid, vähesel määral põhku ja heina.

Puidutööstuse ja raiejäätmed on metsast saadav puit, mittemetsamaadelt saadav biomass (elektriliinide all asuv maa-ala, kraavide äärsed alad) ja puidutöötlemise käigus tekkivad jäätmed [5]. Hakkpuiduks ümber väärindades on seda võimalik kasutada kateldes ja koostootmisjaamades kütusena.

Eesti metsanduse arengukavas leitakse, et puidu energiaallikana kasutamine aitab asendada fossiilkütuseid, parandada energiasektori sõltumatust välistoorainest, suurendada tarnekindlust ja luua maapiirkondades uusi töökohti [21]. Seega võime öelda, et puitu energiaallikana on võimalik positiivses võtmes kasutada kohalike väikeste kaugkütte piirkondade arendamisel ja jätkusuutlikkuse tõstmisel.

Riigid, kus on suured puiduressursivarud on kasvatamas oma tähtsust just biokütuste tootmise osas. Neis riikides on tekkimas olukord, kus koostootmisjaamad ja biokütuseid tootvad tehased hakkavad konkureerima sama tooraine pärast. Selleks, et tagada kõrget tootlikkust ja tarbijale vastuvõetavat hinda on teise põlvkonna biokütuse tehased sunnitud kasutama tootmises väga suuri mahtusid [22]. Seega sellisete tehaste rajamine avaldab otsest mõju paljudele väikestele puitkütustel põhinevatele kaugküttevõrkudele. Puitkütuste kättesaadavuse vähenemine suurendab varustuspiirkonda tarnete teostamiseks ning sellega seonduvate transpordikulude kasv võib kutsuda esile puitkütuse hinna tõusu.

Eesti üldpindala 452,3 tuhat hektarist moodustab metsapindala 223,4 tuhat hektarit. Eesti keskmine metsasuse protsent on 51,1. Eesti metsamaa tagavara on hinnanguliselt 458 447,6 tuhat m<sup>3</sup>, mis teeb 201,4 m<sup>3</sup>/ha [23]. Metsamaa pindala ei ole viimaste kümnendite jooksul oluliselt muutunud, vähenenud on okaspuistute ja suurenenud lehtpuistute osakaal [21]. Puistute osakaalude muutus ja kus lehtpuistud saavad kiiremini raieküpseks, siis võib oodata enam suuremat survet uuendusraiate osas.

Metsast ning mittemetsamaa aladelt saadava puitse biomassi ning metsatööstuse jäätmete aastane potentsiaalne energeetiline ressurss ulatub kuni 12,3 TWh-ni, millest Eestis kasutatakse ära potentsiaalselt praegu üle 4 TWh [23] [24].

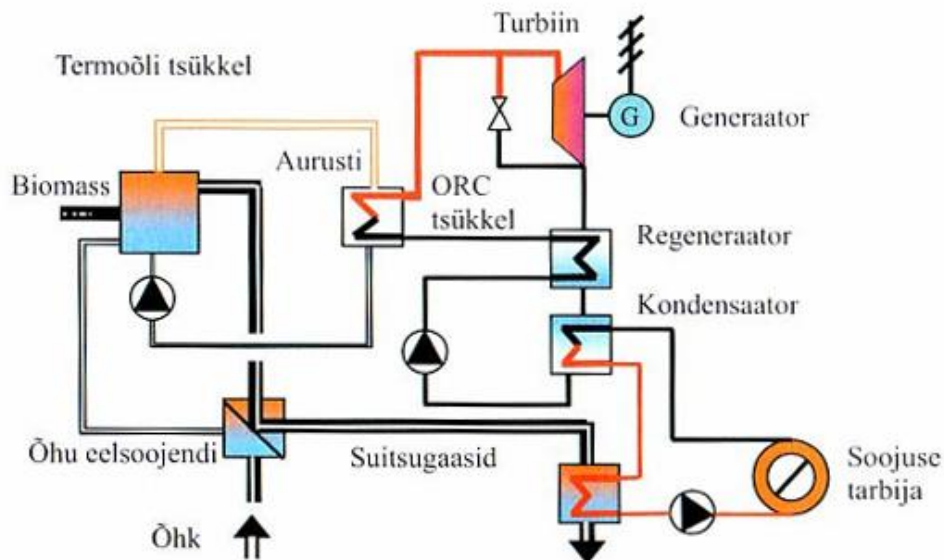
## 2. Orgaaniline Rankine'i tsükkel (ORC)

ORC on leidnud kasutust erinevates energiaga seotud tootmisvaldkondades. Kõige traditsioonilisemalt on kasutuses need geotermiaalenergiaga põhineval elektritootmisel, samuti tööstusprotsessides vabaneva heitsoojuse ära kasutamisel ning koostootmisel, kus kaugküttevõrkude puhul kasutatakse primaarenergia allikana biomassi [25].

ORC on hetkel jäänud turule kui niššitoode, sest eeldab väga head keskkonna- ja tehnoloogia teadlikku lähenemist ettevõtjate ja üldsuse poolt. Siiski peetakse tänapäeval ORC tehnoloogiat oma kasutusvõimaluste rakendamise osas elektri tootmisel üheks paljulubavamaks teiste tehnoloogiate kõrval.

ORC-l on sarnane tööpõhimõte nagu auru Rankine'i tsüklil, kuid kus soojuskandjana kasutatakse madala keemistemperatuuriga orgaanilisi vedelikke [26]. Orgaanilised vedelikud võimaldavad protsessis kasutada madalamaid temperatuure ja ei nõua ülekuumutamist auruks. Praktikas tähendab see seda, et tsükli efektiivsus kasvab võrreldes töösükliga, kus vedelikuna kasutatakse ülekuumutatud auruna vett [27]. Orgaanilised vedelikud on kasutatavad madalatel (< 150 °C) ja keskmistel (150 °C-300 °C) temperatuuridel [28].

ORC seadme skemaatiline tööprintsip on toodud joonisel 2.1.



**Joonis 2.1** ORC seadme skemaatiline tööprintsip [29]

Joonisel 2.1 biokütuse põletamise tulemusel kuumutatakse termoõli ja soojus kantakse üle silikoonõlile soojusvahetis. Orgaaniline soojuskandja aurustub ja paisub turbiinis [29].

Erinevate orgaaniliste soojuskandjate kasutamise võimaldab paremini esile tuua ORC-le iseloomulike omadusi ja omab eeliseid ülekuumendatud aurutsükli ees

- madalama keemistemperatuuriga soojuskandjad võimaldavad kasutada madalama temperatuurilisi allikaid;
- „kuiva“ vedeliku kasutamine elimineerib vajaduse täiendava ülekuumendamise vajaduse;
- vedelike kõrgem tihedus võimaldab kasutada väiksemaid turbiine ja pumпасid;
- turbiine on võimalik disainida vastavalt protsessides kasutatavale vedelikule ja rõhule.

Siinjuures tuleb välja tuua ka mõned negatiivsed aspektid

- vedelikud on kallid ning keskkonnale ohtlikud;
- vedelike kõrgem viskoossus nõuab suuremate võimsusega pumпасid ning suureneb elektriline omatarve [30];

ORC kasutuselevõtt tulevikus kindlasti kasvab, seda võimalustele võtta kasutusele enam madalatemperatuurilisi soojusallikaid ning vastavalt sellele juba disainida vastavalt seadmeid.

## **2.1. ORC tehnoloogia rakendamise võimalused erinevate soojusallikate korral**

Saab välja tuua neli olulisemat soojusallikat kus ORC on rakendust leidnud

- geotermaal energia
- biomass
- tööstuse heitgaasid
- päikesesoojus

Hinnanguliselt oli jaanuari 2016 seisuga installeeritud ORC seadmeid 2749,1 MWel 563 jaamas. Neist installeeritud võimsusi oli ligikaudu geotermaal energial 76%, biomassil 10% ning tööstuse heitgaaside puhul 8 % [31].

ORC tehnoloogia on kõige rohkem leidnud kasutust geotermaal energial põhinevate jaamade korral.

Geotermaal energial põhinevad jaamad on kohandatud ja eraldi disainitud vastavalt väljuva soojusallika temperatuurile ja geoloogilisele tingimustele. Just puurimisega seotud kulud on määrava tähtsusega jaama rajamisel [25].

Biomassi põletamisel põhinevad lahendused leiavad aasta-aastalt küll enam kasutust, kuid piiravaks asjaoluks on sarnaselt geotermaalenergial põhinevatele jaamadele kõrge investeeringu

kulu. Arvestama peab veel biomassi hinnaga, mis arvestade investeeringu pikka eluiga võib oluliselt muutuda.

Biomassi põletusel põhineva koostootmisjaama kogukasutegur algab 85% ja elektriline kasutegur umbes 15% [32].

Biomassi põletusel põhinevad lahendused on leidnud rakendust eelkõige neis Euroopa riikides, kus on kohaldatud vastavaid poliitikaid [33].

Järjest enam püütakse välja töötada lahendusi, kus ei peaks eraldi kasutama termaalõli vaid vajalik soojuseenergia võetakse ORC tsükli jaoks otse väljuvatelt suitugaasidest [34].

Tööstuslike heitgaaside kasutamine soojusallikana ORC lahenduste puhul leiab enam kasutust. Lahenduste valiku puhul on määravaks kasutada oleva soojuse temperatuur. Võrreldes geotermaal energia ja bioenergiaga lahendustega on investeringu kulud palju väiksemad ning tasuvusnäitajad seetõttu palju paremad [25].

Päikeseenergia kasutamine on kasvav trend ning leiab kasutust riikides, kus päikeselisi päevi on palju. Määravaks teguriks on päikesepaisteliste tundide arv päevas. Läbi täiendava soojuse salvestamise püütakse parandada tootmisnäitajaid [25].

Erinevate energia allikate kooskasutamine töötab olla perspektiivikas, seda just juhtudel kus biomassilt saadud soojuseenergia kõrval on võimalik teiseks sisendiks võtta päikeselt kogutud energia [33].

Suurim selline päikeseenergial põhinev koostootmisjaam, kus on integreeritud täiendavalt biomassi põletamine on Taanis, Aalborgis soojusliku võimsusega 16,6MW. Selliste lahendused võimaldavad paremini optimeerida ORC rakendamist piirkondades kus on vähem päikeselisi päevi [35].

## **2.2 ORC tootjad**

Aastaks 2015 on suutnud ainult kaks ettevõtet edukalt kommertsialiseerida ORC tehnoloogia, olles arendanud seda paljude aastate jooksul, need on Ormat ja Turboden. Turule on liitumas ka kolmas ettevõtte Exergy, mis on keskendunud eelkõige geotermaalenergial põhinevate lahenduste pakkumisega [25]. Ormat on maailmas kõige enam installeerinud ORC seadmeid, Järgnevad Turboden ja Exergy [31].

Suuremad ja tuntumad ORC tehnoloogiat pakkuvad ettevõtted on toodud tabelis 2.1

**Tabel 2.1 ORC tehnoloogilisi lahendusi pakkuvad ettevõtted maailmas**  
[36][37][38][39][40][41][42][43][44][34]

<b>Ettevõtte, riik</b>	<b>Soojusallikas</b>	<b>Seadme võimsus, MWel</b>
Ormat, USA	geotermaal, heitgaasid, päike	0.2–22
Turboden, Itaalia	biomass, geotermaal, heitgaasid, päike	0.4–2.2
Adoratec, Saksamaa	biomass	0,3-2.4
Atlas Copco, Rootsi	geotermaal, heitgaasid, päike	2-22.5
ElectraTherm, USA	biomass, geotermaal, heitgaasid, päike	0.03–0.05
Eneftech, Šveits	biomass, geotermaal, heitgaasid, päike	0.02, 0.03
Exergy, Itaalia	biomass, geotermaal, heitgaasid, päike	0.12
General Electric, USA	heitgaasid, päike	0.12
GMK, Saksamaa	biomass, geotermaal, heitgaasid	0,5-2.0
Triogen; Holland	heitgaasid	0.06, 0.16

Tabeli 2.1 põhjal saame öelda, et ORC tootjad tegelevad väga konkreetsete lahenduste pakkumisega ja väljaarendamisega. Seetõttu seadmete poolt väljatatud võimsuste vahed on tootjate lõikes väga suured.

Heaks näiteks on General Electric, kes konkreetselt piirdub ühe lahendusega, kus kasutatakse GE Jenbacheri sisepõlemismootori poolt väljastatud heitsoojuset [43].

Magistritöös vaadeldakse biokütuse põletamisel baseeruvaid ORC lahendusi. Selliseid lahendusi pakuvad Turboden, Adoratec ja GMK. Kaks viimatinimetatud ettevõtet pakuvad peamiselt projektipõhiseid lahendusi ning standardlahendusi laias valikus ei paku. Parim valik biokütuse põletamisel põhinevaid koostootmiseseadmeid pakub hetkel Turboden [32]

### 3. Juhtumi analüüsid

Käesolevas peatükis vaadeldakse kolme reaalselt kaugküttevõrku mille kohta on koostatud ORC-seadme rakendamise tasuvuse analüüs.

Investeeringute tasuvusanalüüsi läbiviimiseks täidetakse järgmised ülesanded:

- teostatakse kaugküttevõrkude valik;
- teostatakse seadmete valik;
- kirjeldatakse majandusarvestuse taustandmed ja teostatakse vastavad arvutused;
- teostatakse valitud majandusnäitajate alusel tundlikkuse analüüs.

Kuna tegemist on konkreetsete kaugküttevõrkudega, siis arvutustulemuste rakendatavuse tõstmiseks viiakse konkreetse aastasoojustarbimine üle normaliseeritud tarbimiseks kasutades kraadpäevi.

#### 3.1. Kaugküttevõrkude valik

Uuritavate kaugküttevõrkude esmasel valikul on aluseks võetud Arengufondi poolt tehtud uuringus „Kaugkütte energiasääst“ kaugküttevõrkude jaotus müügimahtude alusel ning vaadeldud kaugküttepiirkondi müügimahuga kuni 10 000 MWh [11]. Arvestades, et kaugküttevõrgus rakendatud seadmete poolt toodetud soojusest põhiosa müüakse edasi tarbijale, ei võimalda see siiski teha täpsemaid valikuid kaugküttevõrgule sobivate seadmete osas, et teostada tasuvuse analüüs. Tootmiseseadmetega tuleb katta täiendavalt soojuse ülekandmisega seotud kulud trassikadude näol. Analüüsi läbiviimiseks on täiendavad andmed võetud vastavate kaugküttevõrkudele koostatud soojamajanduse arengukavadest. Kaugküttevõrkude valiku puhul ei ole seatud lisatingimusi ja on käesolevas töös juhuslik. Tabelis 3.1.1. on välja toodud analüüsitavad kaugküttevõrgud koos iseloomustavate näitajatega.

**Tabelis 3.1.1. Uurimustöös vaadeldavad kaugküttevõrgud [11][45][46][47]**

Kaugküttevõrk	Müügi mahud 2012.a Arengufondi uuringus, MWh	2014.a. andmed vastavalt koostatud soojamajanduse arengukavadele, MWh			
		Ruumide küte	Tarbevesi	Soojuskaod	Kokku
Vastseliina alevik	2400	2340	56	524	2920
Väike-Maarja alevik	6191	4800	0	880	5680
Aseri alevik	6639	6515	0	573	7088

Tabelis 3.1.1. selgub, et vaadeldavate kaugküttevõrgu piirkondade soojuse väljastusmahud 2014. aasta andmete põhjal jäävad vahemikku 2920 – 7088 MWh. Täiendavalt saame eraldi välja tuua, et Vastseliina kaugkütte piirkonnas toimub soojuse väljastus ka tarbevee soojendamiseks. Kuigi kahes kaugküttepiirkonnas tarbevett ei toodeta siis eelhinnangute põhjal võiks soojuse tootmine tarbevee tarvis võimaldada pikendada aastaringset katelseadmete kasutust.

Kaugküttepiirkondade soojuskadu kaugküttevõrgus on vahemikus 9-18%. Erinevad kaugküttevõrkude trassikaod on autori hinnangul tingitud kaugküttetrasside renoveeritusse erinevast astmest ning piirkonna vastavast tarbimistihedusest.

Vastavalt tehnilistele nõuetele ei tohi trassikaod alates 2017 aastast ületada 15% [10]. Vastseliina kaugküttepiirkonna trassikaod jäävad teostatud soojamajanduse arengukava kohaselt vahemikku 17-18% ning mida on ka käesolevas magistritöös arvesse võetud.

### **3.2. Soojusallikate ja seadmete valik**

Soojusallikate valiku optimeerimiseks on vajalik koostada koormuste kestusgraafik, mille konstrueerimisel tuleb arvestada kolme komponendiga

- tarbijate küttekoormus (täpsemalt kütte- ja ventilatsioonikoormus), mille hetkväärtused sõltuvad välisõhu temperatuurist;
- sooja tarbevee valmistamise koormus, mille hetkväärtused sõltuvad nädalapäevast ja kellaajast, kuid ei sõltu välisõhu temperatuurist;
- kaokoormus, st kaugküttesüsteemi torustike soojuskaod kompenseerimiseks vajalik soojuskoormus [48].



### 3.2.1. Soojustarbimise viimine kraadpäevadele

Keskmsed temperatuurid erinevad Eestis nii aastate kui ka kütteperioodide lõikes, mistõttu on otstarbekas reaalse aasta soojuse tarbimine viia üle võrreldavale baasaastale (normaalaasta tarbimisele) [49].

Selleks kasutakse seost mis on iseloomustatud valemiga 3.1.

$$Q_N = (Q_{teg} - C) * S_N/S_{teg} + C, \quad (3.1)$$

kus

$Q_N$  – normaalaasta soojustarbimine, MWh;

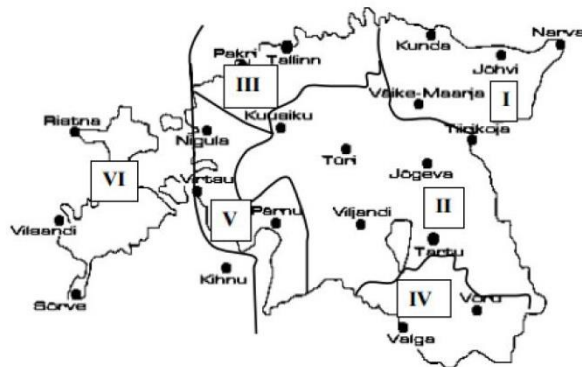
$Q_{teg}$  – tegeliku aasta soojustarbimine, MWh;

$S_N$  – normaalaasta kraadpäevade arv (lihtsad kraadpäevad), °Cpäev;

$S_{teg}$  – tegeliku aasta kraadpäevade arv, °Cpäev;

$C$  – kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine, MWh.

Vastavalt 2003. aastal läbi viidud uurimusele ja tulemuste analüüsile on valitud 6 võtmepiirkonda, milliste kraadpäevad katavad kogu Eesti territooriumi [49]. Eesti võtmepiirkonnad on kujutatud joonisel 3.2.1.



**Joonis 3.2.1. Eesti kraadpäevade võtmepiirkonnad [49]**

Käesolevas uurimistöös vaadeldav Vastseliina alevik asub IV võtmepiirkonnas ning Väike-Maarja ja Aseri alevikud I võtmepiirkonnas. Analüüsi läbiviimisel on kasutatud normaalaasta soojustarbimiste arvutamiseks vastava võtmepiirkonna andmeid.

Tasakaalustustemperatuuriks ( $t_B$ ), millest madalama temperatuuri korral võib välisküttekeha töötada on käesolevas töös arvutuste läbiviimisel võetud 17°C.

### **3.2.2. Tootmisseadmete valik**

Käesolevas uuringus on kasutatud firma Turboden poolt toodetud ORC koostootmisseadmeid. Valik on tehtud asjaolul, kus antud firma puhul leiab kõige laiema valiku biokütustel baseeruvaid koostootmise standardlahendusi ja mille tehniliste lahenduste kirjeldused olid autori jaoks hästi kättesaadavad. Tabelis 3.2.2.1. on välja toodud firma Turboden neli kõige väiksema võimsusega seadet koos nende põhiliste tehniliste näitajatega.

**Tabel 3.2.2.1. Turboden ORC koostootmisseedmed ning nende tehnilised näitajad [32][50]**

Seadme tehnilised näitajad	Turboden T200 CHP split	Turboden 3 CHP	Turboden 4 CHP split	Turboden 6 CHP split
Sisseantav soojuslik võimsus, kW	1340	1835	2300	3240
Koostootmisjaama soojuslik võimsus, kW	1108	1505	1844	2600
Koostootmisjaam elektriline võimsus, kW	205	300	424	617
Elektrienergia omakulu, kW	22	23	24	30
Elektrienergia väljundvõimsus, kW	183	277	400	587

Vajaliku tipukoormuse katmiseks on investeeringutes võetud õlikatel. Kuna õlikatlate valik on turul väga lai siis käesolevas töös eraldi kindlat tootjat välja toodud ei ole.

Seadmete poolt kaugküttetrassi väljastatav soojus on 90 °C, tagastatav 60 °C.

### 3.3. Majandusarvutuste taustandmed ja eeldused

Otsustamaks, kas hakata projekti ellu viima või mitte, peab olema otsuse langetamisel ettekujutus loodatavatest tuludest ja võimalikest kuludest [51].

Kõik arvutustes esitatud hinnad on käibemaksuta.

#### 3.3.1. Kaugküttevõrkude tulud

Kaugküttevõrkudes, kus on rakendatud biokütustel töötavad koostootmisjaamad, üldjuhul moodustavad tulud soojuse- ja elektrienergia müügist ning taastuvenergia toetusest. Kaugküttevõrkudes rakendatavate koostootmisjaamade puhul on elektrienergia müük sõltuv toodetud soojuse hulgast ning katelseadme elektrilisest kasutegurist rakendatava koormuse juures. Taastuvenergia toetusega kaasnev tulu sõltub müüdüd elektrienergia kogusest.

##### 3.3.1.1. Soojuse hind

Käesolevas uuringus on soojuse hinnaks võetud Konkurentsiameti poolt teostatud analüüsi andmed, kus analüüsiti alla 10 000 MWh soojuse toodanguga võrgupiirkondi. Vaadeldud üheksa kaugkütte piirkonda, mis kasutasid kütusena puiduhaket, keskmine hind oli 53,86 EUR/MWh [52].

Tulude arvestamisel lähtume konservatiivselt eeldades, et hind ajas ei muutu ning on kogu koostööjaama eluea jooksul ühesugune.

##### 3.3.1.2. Elektri hind

Eesti kuulub Eesti kuulub Nord Pool Spot elektribörsi kauplemispiirkonda.

Elektribörsi eesmärgiks on eelkõige pakkuda võrdset võimalust turuosalistele oma toodangu müügiks või elektrienergia ostmiseks, olles samas ka alternatiiviks kahepoolsetele lepingutele. Elektribörs tagab, et elektrienergiale tekiks läbipaistev ja turupõhine hind, mis annaks investoritele ja tootjatele aluse turusituatsiooni hindamiseks ning investeerimisotsuste tegemiseks [53].

Nord Pool Spot kauplemispiirkond jaguneb omakorda erinevateks hinnapiirkondadeks. Igas riigis on vähemalt üks hinnapiirkond, suuremates riikides võib olla neid mitu. Eesti on üks hinnapiirkond.

Käesolevas magistritöös on arvutustes võetud aluseks Nord Pool Spot Eesti hinnapiirkonna 2016 aasta päev-ette tehingute keskmine elektri hind 33,06 EUR/MWh [54]. Analoogselt kaugküttesoojuse hinnaga tulude arvestamisel käitume konservatiivselt ja eeldame, et elektrienergia hind ajas ei muutu ning on kogu koostööjaama eluea jooksul

### **3.3.1.3. Taastuenergia toetus**

Käesolevas uuringus on taastuenergia toetuse määra aluseks võetud Elektriturseaduse § 59 lõige 2 ja 4. Taastuenergia toetuse puhul on rakendatav toetuse määr 0,0537 EUR/kWh ning toetuse perioodiks 12 aastat. Toetuse saamine alguseks loetakse tootmise alustamise hetk.[55].

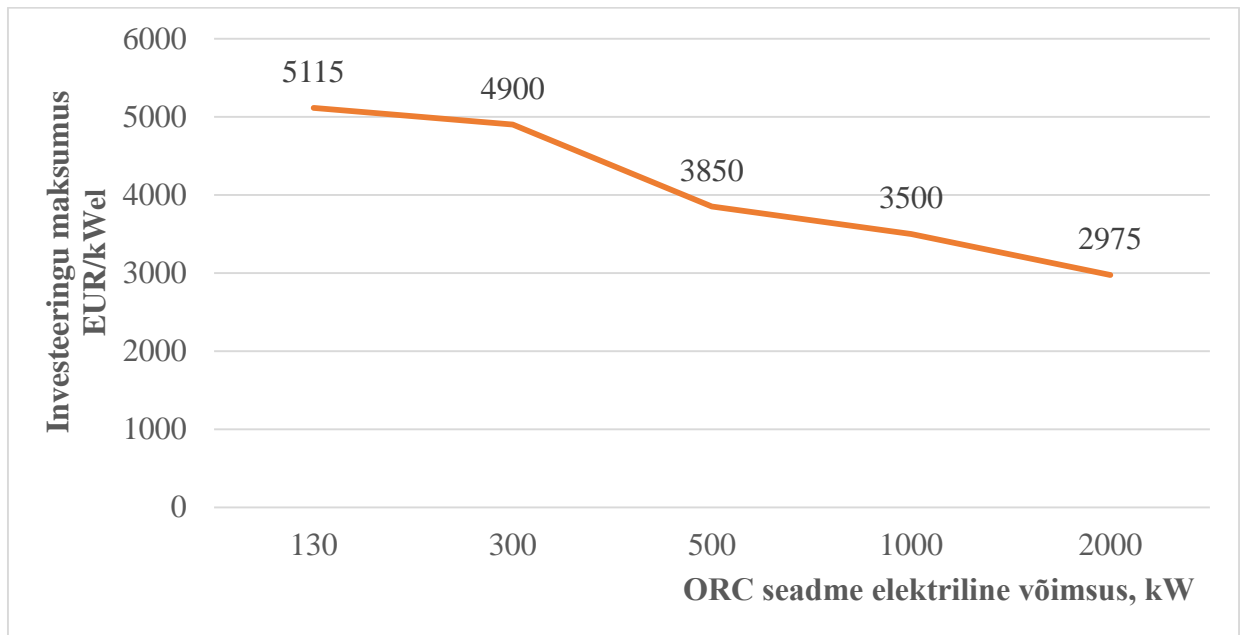
### **3.3.2. Kaugküttevõrkude kulud**

Kaugküttevõrkude kulud koosnevad esialgsetest kulutustest ja tegevuskuludest investeringu eluea jooksul.

#### **3.3.2.1. Esialgne rahavoog**

Esialgne rahavoog on tehtavad kulutused projekti elluviimise alguses. Need kulud koosnevad projekteerimiskuludest, investeringust põhivarasse, ehituslikest töödest ning muudest projektijuhtimisega seotud kuludest.

Seadmete võimsuse kasvades vähenevad investeringud seadmete võimsuse ühiku kohta. Vastavad muutused on iseloomustatud joonisel 3.3.2.1.



**Joonis 3.3.2.1. Investeeringu maksumuse lähtuvalt ORC seadme elektrilisest võimsusest (autori poolsed arvutused) [25]**

Biomassi põletamisel baseeruvate ORC-seadmete installeerimiseks on vaja teostada täiendavad investeeringud 30-60 % ulatuses ORC maksumusest [56].

ORC seadme investeeringu maksumuseks käesolevas uuringus on võetud 5 065 EUR/kW<sub>e</sub> ning millele on täiendavalt juurde arvestatud investeeringu kulud 30% ulatuses. Kuna koostöjaama iseloomustab ka soojuslik võimsus siis arvutuste lihtsustamiseks on investeeringute maksumus viidud soojusvõimsusele. ORC koostootmiseseadme lõplikuks investeeringu maksumuseks on võetud 1,35 MEUR/MW<sub>soojus</sub>.

ORC koostootmiseseadme minimaalseks töökoormuseks on võetud 20% ning üldkasuteguriks 87%.

Tipukoormuse katmiseks ning reservkatlaks on võetud kergel kütteõlil töötav katel, mille soojusvõimsus tuleneb kaugküttevõrgu vajalikust koguvõimsusest. Õlikatla kasuteguriks on 90%. Õlikatla valiku põhjuseks on kütusena kasutatava kütteõli hea kättesaadavus sõltumata kaugküttepiirkondade asukohast.

Kuna kütteõlil baseeruvate katelseadmete tootjate valik on väga lai ning tehnilised erinevused tootjate vahel minimaalsed siis eraldi konkreetset tootjat välja toodud ei ole. Õlikatla investeeringu

maksumus on saadud erinevate kaugküttepiirkonna arengukavades kirjeldatud näitajate alusel [57]. Õlikatla investeeringu maksumuseks on võetud 0,07 MEUR/MW<sub>soojus</sub>.

Seadmete elueaks käesolevas töös on võetud 15 aastat.

### **3.3.2.2. Tegevuskulud**

Püsikulud ja muutuvkulud moodustavad koostööjaama tegevuskulud.

Püsikulud on kulud mis ei muutu toodangumahu muutumisega ning mida tuleb teha iga aastasel. Need on kulud mis tuleb teostada kas toodetakse midagi või mitte.

Püsikulu arvutamisel on käesolevas uuringus võetud ORC koostootmiseseade puhul 18 000 EUR/MW<sub>soojus</sub> ning tipukoormust katval õlikatlal 3500 EUR/MW<sub>soojus</sub>.

Muutuvkulud on kulud mis otseselt sõltuvad seadmete poolt väljastatud toodangust ning muutuvad jaama toodangumahu muutusega. Kütusest mittesõltuvate muutuvkulude arvutamisel on lähtutud seadmete poolt väljastatud soojushulgast, mis ORC koostootmiseseadme puhul on arvestuslikult võetud 5,5 EUR/MWh ning õlikatlal 4 EUR/MWh. Puitkütuste hinnaks võetud 15 EUR/MWh ning kerge kütteõli hinnaks 77 EUR/MWh. Kuna arvestused soojuse väljastuse osas on viidud normaalaastale, siis muutuvkulud koostööjaama eluea jooksul on aastate lõikes konstantsed.

## **3.4. Investeeringute tasuvuse hindamine**

Käesolevas uuringus on analüüsitud konkreetsete kaugküttevõrkude tarbimisandmete alusel projekteeritud uute seadmete majanduslikku tasuvust. Projekti investeeringu aastal toodangut ei väljastata ning käivitamiseks loetakse investeeringule järgnev aasta, mis on ka projekti eluea esimeseks aastaks.

Majandusanalüüs teostati investeeringu majandusliku tasuvuse meetodika kohaselt kolmel viisil: lihttasuvusaeg, rahavoogude (tegevuskulud, -tulud ja investeeringud) diskonteeritud nüüdispuhasväärtus (NPV) ja sisemine tasuvusläävi (IRR) teel.

Juhtumite kohta teostati esmalt tundlikkuse analüüs väljastatud soojuse hinna osas, selleks et saada teada milline oleks Konkurentsiameti poolt lubatud WACC suuruse juures lõplik soojuse hind.

Kuna uuringuteostamisel valitud ORC koostootmiseseadmed ei väljasta soojust kogu aasta vältel, vaid teatud perioodil, siis on täiendavalt teostatud tundlikkuse analüüs väljastatud soojuse koguse

ning esmalt ORC koostootmisjaama erimaksumuse ja teiseks kütuse hinna tõusu osas väljendatuna selle mõjus projekti nüüdispuhasväärtusele.

Tundlikkuse analüüsi puhul on esimesel juhul ORC koostootmisjaama erimaksumust tõstetud 10 protsendipunkti kaupa kuni 40 protsendipunktini ning teisel juhul puitkütuse hinda tõstetud ühe euro võrra kuni tasemeni 25 EUR/MWh. Analüüsi kirjeldamise tekstilises osas on puiduhakke hinnaks võetud 22 EUR/MWh. See näitaja tugineb naaberriigi Soome andmetele, kus 2015 aasta keskmine puiduhakke hind oli 21,3 EUR/MWh [58]. Kui arvestada pikemat ajasihti, ning muutusi energiapoliitikas, siis tõenäoliselt meie hinnad naaberriigi Soomega mingi aja jooksul ühtlustuvad.

### 3.4.1. Tasuvusaeg

Tasuvusaeg on ajavahemik, mille jooksul projekti realiseerimisest saadud tulu arvestuslikult katab projekti käivitamiseks tehtud kulud. Teisisõnu, tasuvusaja jooksul katavad projektist saadud tulud investeeritud summa ning peale tasuvusaja lõppu annab projekt arvestuslikult puhastulu.

$$Tasuvusaeg = \frac{\text{Investeeringu summa}}{\text{Juurdekasvulised rahavood aastas}} \quad (3.2)$$

Mida lühem on tasuvusaeg, seda parem on projekt.

### 3.4.2. Nüüdispuhasväärtus NPV

Investeeringute ajaldatud puhasväärtus ehk nüüdispuhasväärtus NPV on investeeringutest saadava oodatava kasumi ehk puhastulu nüüdisväärtus ehk diskonteeritud koondrahavoogude summa ja algse investeeringu vahe. Diskonteerimisel kasutatakse matemaatilist liitdiskonteerimist ning diskonto määraks võetakse tavaliselt kas kapitali hind või minimaalne atraktiivne tulumäär, st selline tulumäär mille korral investeerija on veel huvitatud projekti käikulaskmisest [59].

$$NPV = \sum_{k=1}^n F_k x^k a^{n-k} \quad (3.3)$$

kus,

P – on projekti käivitamisel tehtav algne investeering,

n - projekti kestus aastates,

F - koondrahavoog

$i$  - diskonteerimismäär, st investori oodatav tulumäär ehk kapitali hind.

Diskonteerimismääraks käesolevas magistritöös on võetud läbi viidud arvutustes Konkurentsiamet poolt kasutatav WACC vt alapeatükk 3.4.4.

Nüüdispuhasväärtus annab hinnangu projekti tasuvuse kohta

Kui

$NPV > 0$ , siis analüüsitava projekti võib käiku lasta, projekt on tasuv,

$NPV < 0$ , siis projekt tuleb tagasi lükata, projekt on mittetasuv,

$NPV = 0$ , siis võib projekti käiku laskmist kaaluda, kuid hindamisel tuleks kasutada täiendavaid meetodeid.

### 3.4.3. Sisemine tulunorm või tulumäär IRR

Sisemine tulunorm või tulumäär IRR on diskonteerimismäär, mis võrdsustab projekti tulevaste rahavoogude nüüdispuhasväärtuse projekti esialgsete investeeringutega, st IRR leidmiseks tuleb lahendada võrrand  $NPV = 0$  suuruse  $i$  suhtes [59].

$IRR > i$ , siis analüüsitava projekti võib käiku lasta, st tulevaste rahavoogude summaarne nüüdispuhasväärtus ületab alginvesteeringut,

$IRR < i$ , siis tuleb projekt tagasi lükata, sest tulevaste rahavoogude summaarne nüüdispuhasväärtus on väiksem alginvesteeringust,

$IRR = 0$ , siis võib projekti käiku laskmist kaaluda.

### 3.4.4. Kapitali kaalutud keskmise hind (WACC)

Majandustegevuse tulukuse määra valikul on lähtutud samadest põhimõtetest, mida kasutab Konkurentsiamet monopoolses seisundis soojus-, elektri-, gaasi- ja vee-ettevõtete tariifide reguleerimisel.

WACC (*weighted average cost of capital*) – kaalutud keskmine kapitali kulukuse määr. Ettevõtte väärtus on tulevikus oodatavate rahavoogude diskonteeritud väärtus [60][61].

$$WACC = k_e \times \frac{OK}{VK+OK} + k_d \times \frac{VK}{VK+OK} \quad (3.4)$$

kus,



$k_e$  – on omakapitali hind (%);

$k_d$  – on võlakapitali (nimetatakse ka laenu- või võõrkapital) hind (%);

OK – on regulaatori poolt määratud omakapitali osakaal (%);

VK – on regulaatori poolt määratud võlakapitali osakaal (%);

VK+OK – on võla- ja omakapitali osakaalud kokku (%).

Konkurentsiamet kasutab WACCi arvutamisel kapitali struktuuri, millest 50% on võlakapital ja 50% omakapital [60].

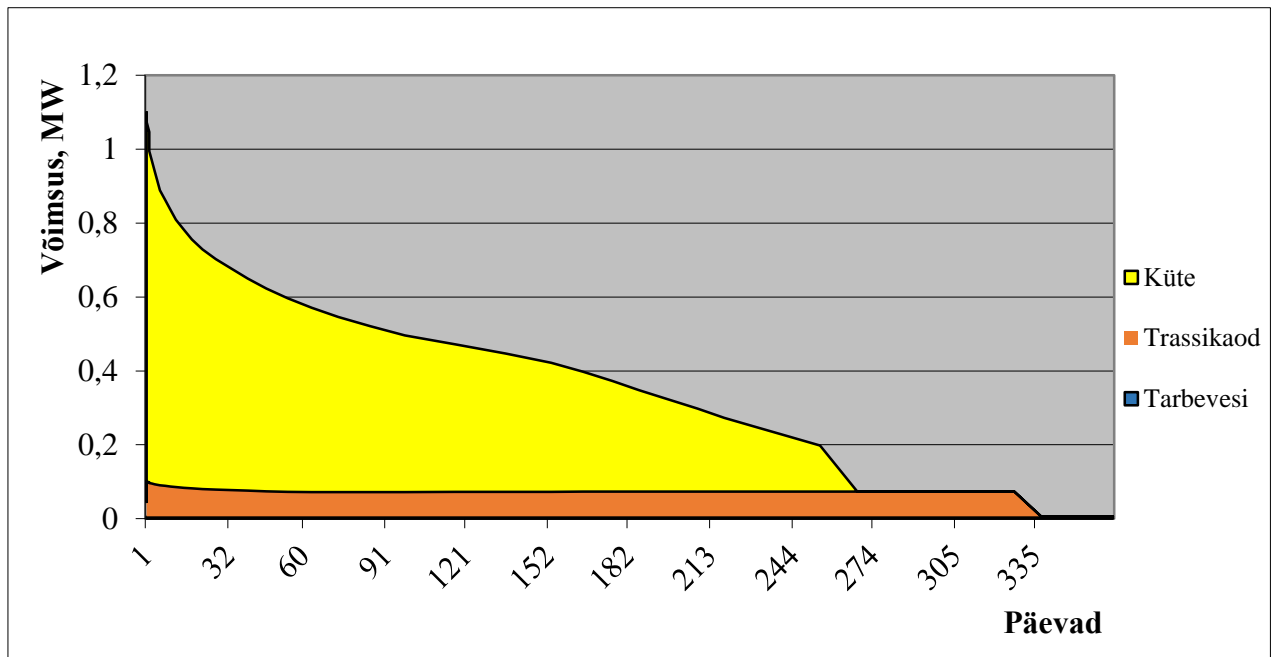
**Tabel 3.4.4.1. WACCi kujunemine soojusettevõtjatele [60]**

WACC arvestus (%-des)	Soojusettevõtjad
Nominaalne riskivaba 10-a Saksamaa võlakirja tulusus, ( $R_f$ )	1,47
Eesti riigiriski preemia, ( $R_c$ )	0,78
Ettevõtja võlakapitali riskipreemia	1,30
Võlakapitali hind, ( $k_d$ )	3,55
Nominaalne riskivaba 10-a Saksamaa võlakirja tulusus, ( $R_f$ )	1,47
Eesti riigiriski preemia, ( $R_c$ )	0,78
Tururiskipreemia (McKinsey), ( $R_m$ )	5,00
Beeta (võimenduseeta; $\beta_a$ )	0,530
Beeta (võimendusega; $\beta_e$ )	1,060
Omakapitali hind, ( $k_e$ )	7,55
Võlakapitali osakaal ( $w_d$ )	0,50
Omakapitali osakaal ( $w_e$ )	0,50
WACC (%)	5,55

### 3.5. Vastseliina alevik

Vastseliina alevik asub Võru maakonna kagu osas ning kraadpäevade aluseks on võtmepiirkonnana IV piirkond Valga.

Vastseliina soojamajanduse arengukavas toodud andmete põhjal (tabel 3.1.1) on koostatud vajalik soojuse väljastusvõimsuse graafik, mis on esitatud joonisel 3.5.1. Vastseliina kaugkütte võrgu tarbeks seadmete poolt väljastatava soojuse viimine baasaastele on kirjeldatud lisa L.1.



**Joonis 3.5.1. Soojuse väljastuse kestusgraafik Vastseliina kaugküttevõrgule.**

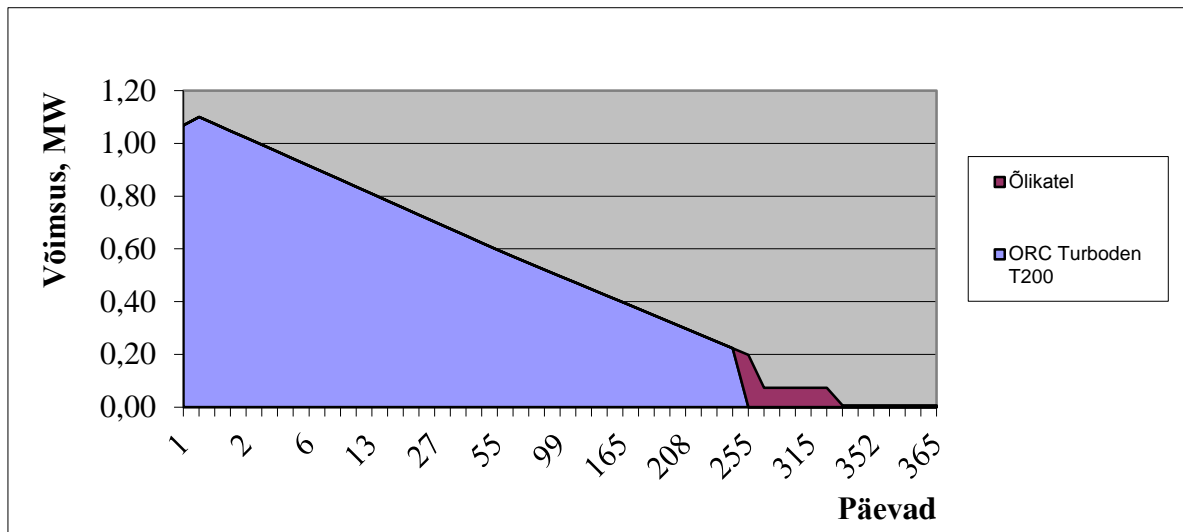
Läbiviidud arvutuste kohaselt on kaugküttevõrgule vajalik maksimaalne väljastusvõimsus 1,05 MW. Antud näitaja alusel toimub seadmete valikul. Püsivkoormuseks on antud juhul soojuskaod trassis ja sooja tarbevee vajadus ning temperatuurist sõltuv soojuskoormus on antud juhul kaugküte, kus temperatuuri langedes kaugküte võimsus kasvab lineaarselt.

Käesoleva kaugküttevõrgu baaskoormuse katmiseks on Vastseliina kaugküttevõrgu puhul võetud Turbodeni väikseim standardlahendusega ORC koostootmiseseade Turboden T200 Split. Seadme soojuslik võimsus on 1,10 MW ning elektriline võimsus 0,20 MW (Tabel 3.2.2.1).

Tipukoormuse katmiseks ning reservkatlaks on võetud kergel kütteõlil töötav katel, mille soojusvõimsus on 1,1 MW.

Suurema võimsusega koostootmiseseadmeid ei ole antud väljastatava soojusmahu juures otstarbekas rakendada ja seetõttu neid täiendavalt valikusse ei ole toodud.

Joonis 3.5.2. iseloomustab kasutatavate seadmete poolt toodetud soojuse osakaalu.



**Joonis 3.5.2. Katelseadmete poolt toodetud soojuse osakaalud Vastseliina kaugküttevõrgus**

Baasaastale viiduna on käesoleva kaugküttevõrku väljastatav soojuse kogus ORC koostootmisest poolt 2 758 MWh ja õlikatla poolt 193 MWh. Seega koostootmisest võimaldab katta 93,5% ning õlikatel 6,5% vajalikust väljastatavast soojuse kogusest.

Majandusarvutuste koondtulemused Vastseliina kaugküttevõrgu kohta on välja toodud tabelis 3.5.1. Vastseliina koostööjaama tasuvusarvutus aastate kaupa on toodud lisa L.2.

**Tabel 3.5.1. Majandusarvutuste tulemused Vastseliina kaugküttevõrgus**

Majanduslik parameeter	Ühik	Tulemus
Lihttasuvusaeg	aastat	19,1
Nüüdispuhasväärtus (NPV)	EUR	-671 382
Sisemine tulumäär (IRR)	%	-2,1%

Tabelist 3.5.1 ilmneb, et lihttasuvusaeg on 19,1 aastat ning seega ületab kavandatud investeeringu perioodi pikkust 15 aastat. Projekti NPV on negatiivne -671 382 EUR ning IRR on -2,1%. Seega kõik eelpooltoodud näitajad kinnitavad, et projekt ei ole majanduslikult tasuv ning tuleb tagasi lükata. Vastseliina koostööjaama tasuvusarvutus aastate kaupa on toodud lisa L.2.

Valitud majanduslike näitajate alusel teostatud tundlikkuse analüüsi tulemused Vastseliina koostööjaama kohta on esitatud tabelis 3.5.2.

**Tabel 3.5.2. Soojuse hind tundlikkuse hindamisel Vastseliina koostööjaama puhul**

	Ühik	Projektis kasutatud väärtus	Piirväärtus	Muutus +/-	Muutus %
Soojuse hind	EUR/MWh	53,86	77,93	24,07	44,7

Tabelist 3.5.2 selgub, et soojuse hind on WACC põhjal 77,93 EUR ja soojuse hinna kasv peaks olema 44,7%.

Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on välja toodud tabelis 3.5.3.

**Tabel 3.5.3. Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmisjaama erimaksumuse mõju projekti NPV-le**

-671 382 €		Väljastatud soojuse kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
ORC koostootmiseadme erimaksumus, MEUR/ MW <sub>soojus</sub>	1,22	-553 558	-429 901	-223 806	-17 711	188 384	394 479	600 575	806 670	1 012 765	1 218 860	1 631 050
	1,35	-695 273	-571 616	-365 521	-159 426	46 670	252 765	458 860	664 955	871 050	1 077 145	1 489 335
	1,49	-836 988	-713 331	-507 235	-301 140	-95 045	111 050	317 145	523 240	729 335	935 430	1 347 620
	1,62	-978 702	-855 045	-648 950	-442 855	-236 760	-30 665	175 430	381 525	587 620	793 715	1 205 905
	1,76	-1 120 417	-996 760	-790 665	-584 570	-378 475	-172 380	33 715	239 810	445 905	652 000	1 064 191
	1,89	-1 262 132	-1 138 475	-932 380	-726 285	-520 190	-314 095	-108 000	98 095	304 191	510 286	922 476

Tabelist 3.5.3 selgub, et tasuvusanalüüsis kasutatud koostootmiseadme erimaksumuse 1,35 MEUR/MW<sub>soojus</sub> puhul peaks aastane minimaalne väljastatud soojuse kogus olema 4500 MWh, et tagada projektile positiivne NPV. ORC koostootmiseadme erimaksumuse tõus 40% eeldab seadme poolt väljastatud soojuse koguseks 6000 MWh aastas, et saavutada positiivne NPV.

Väljastatud soojuse koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on esitatud tabelis 3.5.4.

**Tabel 3.5.4. Puitkütuse maksumuse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti NPV-le**

		Väljastatud soojuste kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
-671 382 €												
Puitahake hind, EUR/MWh	12	-604 864	-471 162	-248 324	-25 487	197 351	420 188	643 025	865 863	1 088 700	1 311 538	1 757 213
	13	-635 000	-504 646	-287 390	-70 133	147 124	364 380	581 637	798 893	1 016 150	1 233 407	1 667 920
	14	-665 137	-538 131	-326 455	-114 779	96 897	308 572	520 248	731 924	943 600	1 155 276	1 578 628
	15	-695 273	-571 616	-365 521	-159 426	46 670	252 765	458 860	664 955	871 050	1 077 145	1 489 335
	16	-725 409	-605 100	-404 586	-204 072	-3 557	196 957	397 471	597 985	798 500	999 014	1 400 043
	17	-755 545	-638 585	-443 652	-248 718	-53 784	141 149	336 083	531 016	725 950	920 883	1 310 750
	18	-785 681	-672 070	-482 717	-293 364	-104 011	85 341	274 694	464 047	653 399	842 752	1 221 458
	19	-815 818	-705 554	-521 782	-338 010	-154 238	29 533	213 305	397 077	580 849	764 621	1 132 165
	20	-845 954	-739 039	-560 848	-382 657	-204 466	-26 274	151 917	330 108	508 299	686 490	1 042 873
	21	-876 090	-772 524	-599 913	-427 303	-254 693	-82 082	90 528	263 139	435 749	608 360	953 580
	22	-906 226	-806 008	-638 979	-471 949	-304 920	-137 890	29 140	196 169	363 199	530 229	864 288
	23	-936 362	-839 493	-678 044	-516 595	-355 147	-193 698	-32 249	129 200	290 649	452 098	774 995
	24	-966 499	-872 978	-717 110	-561 242	-405 374	-249 505	-93 637	62 231	218 099	373 967	685 703
25	-996 635	-906 462	-756 175	-605 888	-455 601	-305 313	-155 026	-4 739	145 549	295 836	596 410	

Tabelist 3.5.4. selgub, et positiivse NPV saavutamiseks peab arvutustes kasutatud kütusehinna 15 EUR/MWh juures minimaalne väljastatud soojuste kogus olema 4 500 MWh aastas, mis on tunduvalt suurem projekti arvutuslikust väljastatud soojuste kogusest 2 758 MWh.

Kütuse hinnatõus kuni 22 EUR/MWh tähendab, et väljastatud soojuste kogus koostootmiseadme poolt oleks enam kui 5 500 MWh aastas.

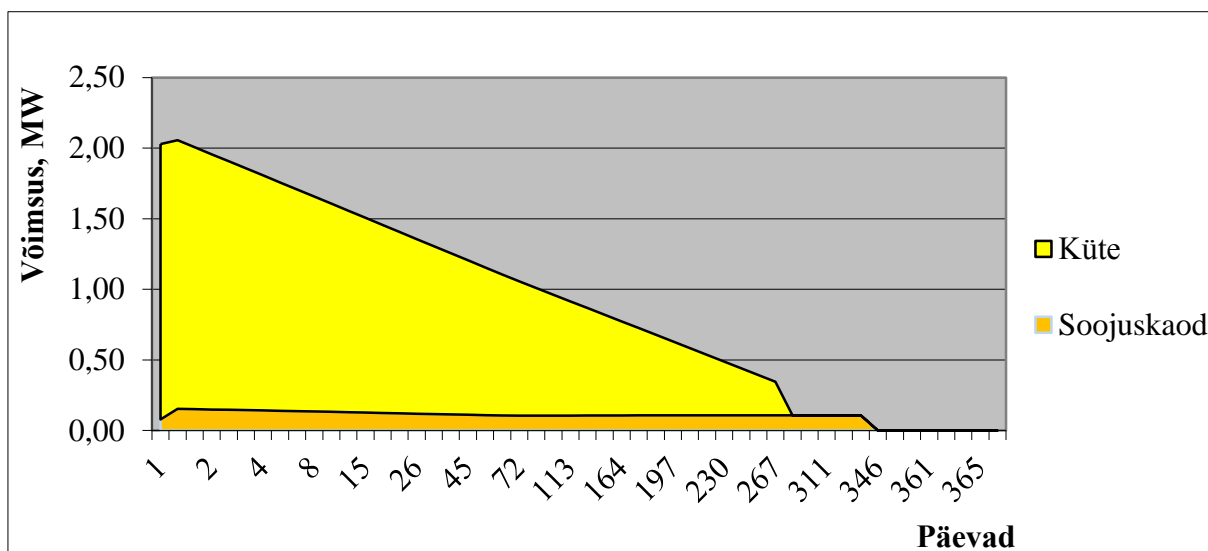
ORC koostootmiseadme Turboden T200 split on võimalik 8000 töötundi korral väljastada soojust koguses 8 864 MWh. Vastseliina kaugküttevõrgu puhul piirdub see 2758 MWh, mis on ligikaudu kolm korda väiksem koostootmiseadme potentsiaalset.

Seega, ORC koostootmiseadme Turboden T200 split rakendamine Vastseliina kaugküttevõrgus ei ole majanduslikult otstarbekas. Koostootmiseadme rakendamist saaks hakata kaaluma juhul, kui seadmele tagatakse täiendavalt soojuste väljastus koguses, mis ületaks 4500 MWh aastas.

### 3.6. Väike-Maarja alevik

Väike-Maarja alevik asub Lääne-Viru maakonna lõuna osas ning kraadpäevade aluseks on võtmepiirkonnana I piirkond Jõhvi.

Väike-Maarja soojamajanduse arengukavas toodud andmete põhjal (tabel 3.1.1) on koostatud vajalik soojuste väljastusvõimsuse graafik, mis on kujutatud joonisel 3.6.1. Väike-Maarja kaugkütte võrgu tarbeks seadmete poolt väljastatava soojuste viimine baasaastele on kirjeldatud lisa L.3 ja L.5.



**Joonis 3.6.1. Soojuse väljastuse kestusgraafik Väike-Maarja kaugküttevõrgule.**

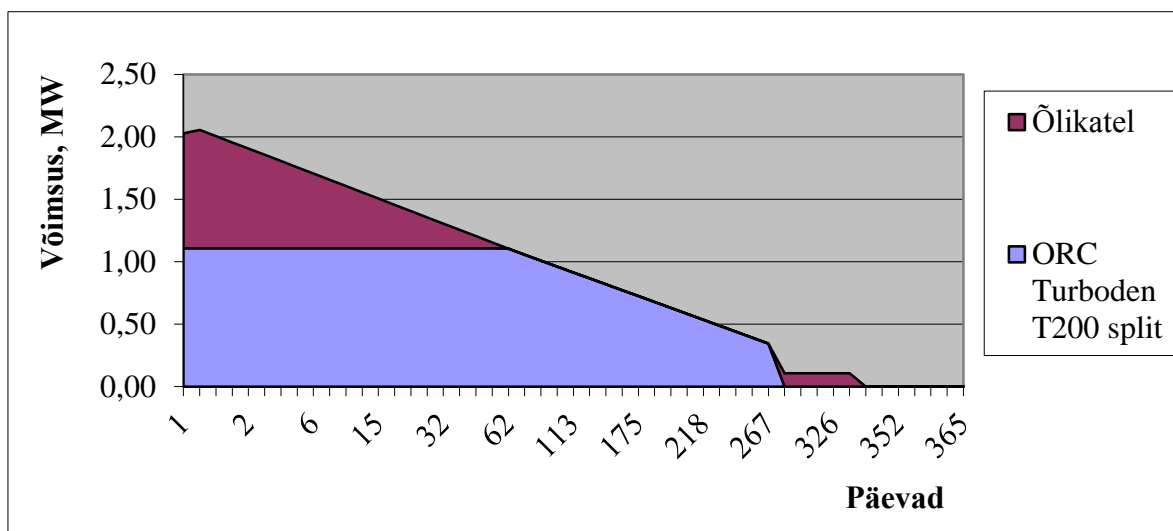
Läbiviidud arvutuste põhjal on kaugküttevõrgule vajalik maksimaalne väljastusvõimsus 2,6 MW. Eelpool toodud näitaja on võetud aluseks kaugküttevõrgule sobivate seadmete valikul. Püsivkoormuseks on antud juhul soojuskaod trassis ja temperatuurist sõltuv soojuskoormus on kaugküte, kus temperatuuri langeses kaugkütte võimsus kasvab lineaarselt.

Käesoleva kaugküttevõrgu baaskoormuse katmisel on teostatud kaks analüüsi kahe erineva võimsusega ORC koostootmiseseadmega: Turboden T200 Split ja Turboden 3 CHP.

### **3.6.1. Turboden T200 split rakendamine Väike-Maarja kaugkütte võrgus**

Baaskoormuse katmiseks on antud juhtumi korral võetud ORC koostootmiseseade Turboden T200 split, mille soojuslik võimsus on 1,10 MW ning elektriline võimsus 0,20 MW (Tabel 3.2.2.1). Tipukoormuse katmiseks ning reservkatlana on kasutusel kergel kütteõlil töötav katel, mille soojuslik võimsus on 2,2 MW ning kasutegur 90%.

Joonis 3.6.2. iseloomustab valitud seadmete poolt toodetud soojuse osakaalu.



**Joonis 3.6.2. Tootmiseseadmete poolt toodetud soojuse osakaalud Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseseadme Turboden T200 split rakendamisel**

Baasaastale viiduna on käesoleva kaugküttevõrgu väljastatav soojuse kogus koostootmiseseadme poolt 5 160 MWh ja õlikatla poolt 539 MWh. Seega ORC koostootmiseseade katab 90,55% ning õlikatel 9,45% vajalikust väljastatavast soojuse kogusest.

Majandusarvutuste tulemused Väike-Maarja kaugküttevõrgu kohta koostootmiseseadme Turboden T200 split rakendamisel on esitatud tabelis 3.6.1. Väike-Maarja koostööjaama tasuvusarvutus aastate kaupa on toodud lisa L.4.

**Tabel 3.6.1. Majandusarvutuse tulemused Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseseadme Turboden T200 split rakendamisel**

Majanduslik parameeter	Ühik	Tulemus
Lihttasuvusaeg	aastat	8,6
Nüüdispuhasväärtus (NPV)	EUR	58 617
Sisemine tulumäär (IRR)	%	6

Käesoleva tasuvusarvutuste tulemusena selgub, et lihttasuvusaeg on antud juhul 8,6 aastat ning ei ületa kavandatud investeeringu perioodi pikkust 15 aastat. Projekti NPV on positiivne, 58 617 EUR ning IRR-i väärtus 6% ületab nõutud sisemise tulumäära. Eelpooltoodud näitajate alusel saab öelda, et projekt on kasumlik ning tasub teostada. Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseseadme Turboden T200 split majandusarvutused aastate kaupa on toodud lisa L.4.

Majanduslike näitajate alusel teostatud tundlikkuse analüüsi tulemused Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseadme Turboden T200 split rakendamisel on esitatud Tabelis 3.6.2.

**Tabel 3.6.2. Majanduslikud näitajad koostootmisjaama investeringu tundlikkuse hindamiseks Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseadme Turboden T200 split rakendamisel**

	Ühik	Projektis kasutatud väärtus	Piirväärtus	Muutus +/-	Muutus %
Soojuse hind	EUR/MWh	53,86	52,82	-1,04	-1,9

Tabelis 3.6.1.2 välja toodud tundlikkuse analüüsi andmete alusel saame öelda, lubatud WACC kus NPV=0 korral soojuse hind võib hind väheneda 1,9% võrra.

Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on välja toodud tabelis 3.6.3.

**Tabel 3.6.3. Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti NPV-le**

58 617 €		Väljastatud soojuse kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
ORC koostootmiseadme erimaksumus, MEUR/MW <sub>soojus</sub>	1,22	-813 674	-690 017	-483 922	-277 827	-71 732	134 363	340 458	546 553	752 648	958 744	1 370 934
	1,35	-955 389	-831 732	-625 637	-419 542	-213 447	-7 352	198 743	404 839	610 934	817 029	1 229 219
	1,49	-1 097 104	-973 447	-767 352	-561 257	-355 161	-149 066	57 029	263 124	469 219	675 314	1 087 504
	1,62	-1 238 819	-1 115 162	-909 066	-702 971	-496 876	-290 781	-84 686	121 409	327 504	533 599	945 789
	1,76	-1 380 533	-1 256 876	-1 050 781	-844 686	-638 591	-432 496	-226 401	-20 306	185 789	391 884	804 074
	1,89	-1 522 248	-1 398 591	-1 192 496	-986 401	-780 306	-574 211	-368 116	-162 021	44 074	250 169	662 360

Tabelist 3.6.3 selgub, et tasuvusanalüüsis kasutatud koostootmiseadme erimaksumuse 1,35 MEUR/MW<sub>th</sub> puhul võiks minimaalne väljastatud aastane soojuse kogus jääda vahemikku 5 000-5 500 MWh. Projekti majandusarvestuse tulemusel saadud 5 160 MWh jääbki antud vahemikku ning on piiriks kus suurem väljastatud soojuse kogus annab projekti NPV-le positiivse väärtuse. ORC koostootmiseadme erimaksumuse tõus 40% aga eeldab, et väljastatud soojuse kogus oleks koostootmiseadme poolt vähemalt 6 500 MWh aastas.

Väljastatud soojuse koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on väljendatud tabelis 3.6.4.



**Tabel 3.6.4. Väljastatud soojuste koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti NPV-le**

58 617 €		Väljastatud soojuste kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Puiduhakke hind, EUR/MWh	12	-864 980	-731 278	-508 440	-285 603	-62 766	160 072	382 909	605 747	828 584	1 051 421	1 497 096
	13	-895 117	-764 763	-547 506	-330 249	-112 993	104 264	321 521	538 777	756 034	973 291	1 407 804
	14	-925 253	-798 247	-586 571	-374 896	-163 220	48 456	260 132	471 808	683 484	895 160	1 318 511
	15	-955 389	-831 732	-625 637	-419 542	-213 447	-7 352	198 743	404 839	610 934	817 029	1 229 219
	16	-985 525	-865 217	-664 702	-464 188	-263 674	-63 159	137 355	337 869	538 384	738 898	1 139 926
	17	-1 015 661	-898 701	-703 768	-508 834	-313 901	-118 967	75 966	270 900	465 833	660 767	1 050 634
	18	-1 045 798	-932 186	-742 833	-553 480	-364 128	-174 775	14 578	203 931	393 283	582 636	961 342
	19	-1 075 934	-965 671	-781 899	-598 127	-414 355	-230 583	-46 811	136 961	320 733	504 505	872 049
	20	-1 106 070	-999 155	-820 964	-642 773	-464 582	-286 391	-108 199	69 992	248 183	426 374	782 757
	21	-1 136 206	-1 032 640	-860 030	-687 419	-514 809	-342 198	-169 588	3 022	175 633	348 243	693 464
	22	-1 166 342	-1 066 125	-899 095	-732 065	-565 036	-398 006	-230 976	-63 947	103 083	270 112	604 172
	23	-1 196 479	-1 099 609	-938 160	-776 712	-615 263	-453 814	-292 365	-130 916	30 533	191 981	514 879
24	-1 226 615	-1 133 094	-977 226	-821 358	-665 490	-509 622	-353 754	-197 886	-42 018	113 851	425 587	
25	-1 256 751	-1 166 579	-1 016 291	-866 004	-715 717	-565 430	-415 142	-264 855	-114 568	35 720	336 294	

Tabelist 3.6.4. selgub, et kütuse hinnatõus 22 EUR/MWh eeldab väljastatud soojuste koguseks koostootmiseseadme poolt enam kui 6 500 MWh aastas.

ORC koostootmiseseadmega Turboden T200 split on võimalik 8000 töötunni korral väljastada soojust koguses 8 864 MWh (tabel 3.3.1.1). Väike-Maarja kaugküttevõrku installeerituna on võimalik seadmega arvutuslikult väljastada soojust 5 160 MWh, jättes seadmele veel varu enam kui 3500 MWh soojuste tootmiseks.

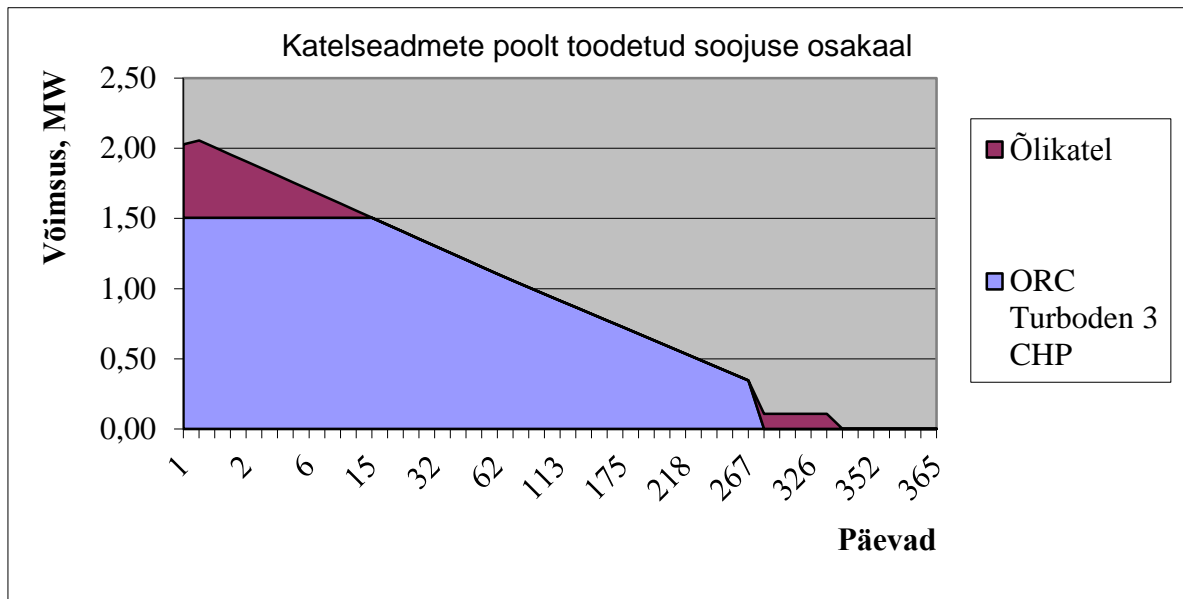
ORC koostootmiseseadme Turboden T200 split rakendamine Väike-Maarja kaugküttevõrgus võib majanduslikult olla otstarbekas, kui ei lisandu olulisel määral investeringuga seotud kulusid ning kütuse hinna tõusust tingitud riskid on hajutatud.

### 3.6.2. Turboden 3 CHP rakendamine Väike-Maarja kaugkütte võrgus

Baaskoormuse katmiseks on antud juhtumi korral võetud ORC koostootmiseseade Turboden 3 CHP, mille soojustlik võimsus 1,50 MW ja elektriline võimsus 0,30 MW (Tabel 3.2.2.1).

Tipukoormuse katmiseks ning reservkatlana on kasutusel kergel kütteõlil töötav katel, mille soojustlik võimsus on 2,2 MW ning kasutegur 90%.

Joonis 3.6.3. iseloomustab valitud seadmete poolt toodetud soojuste osakaalu.



**Joonis 3.6.3. Tootmiseladmete poolt toodetud soojuse osakaalud Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseladme Turboden 3 CHP rakendamisel**

Baasaastale viiduna on käesoleva kaugküttevõrgu väljastatav soojuse kogus ORC koostootmiseladete poolt 5 454 MWh ja ölikatla poolt 244 MWh. Seega koostootmiseladete katab antud juhul 95,71% ning ölikatel 4,29% vajalikust väljastatavast soojuse kogusest. Kaugküttevõrgu tarbeks eladmete poolt väljastatav soojuse kogused viiduna baasaastale on toodud lisa L.5.

Majandusarvutuste tulemused Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseladme Turboden 3 CHP kohta on esitatud tabelis 3.6.5. Väike-Maarja koostööeladama tasuvusarvutus aastate kaupa on toodud lisa L.6.

**Tabel 3.6.5. Majandusarvutuste tulemused Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseladme Turboden 3 CHP rakendamisel**

Majanduslik parameeter	Ühik	Tulemus
Lihttasuvusaeg	aastat	10,4
Nüüdispuhasväärtus (NPV)	EUR	-228 461
Sisemine tulumäär (IRR)	%	4

Käesoleva tasuvusarvutuse tulemusena selgub, et antud projekti lihttasuvusaeg on 10,4 aastat ning see ei ületa kavandatud investeeringu perioodi pikkust 15 aastat. Projekti NPV on siiski negatiivne, -228 461 EUR ning IRR väärtus 4% on väiksem nõutud sisemisest tulumäärast. Ainult

lihttasuvusajast lähtuvalt ei saa antud projekti puhul investeringuotsust teha. Kuna kõik teised majandusarvutuste tulemused kinnitavad, et projekt ei ole kasumlik ning seega tuleb investering tagasi lükata.

Majanduslike näitajate alusel teostatud tundlikkuse analüüsi tulemused Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseadme Turboden 3 CHP rakendamisel on esitatud tabelis 3.6.6.

**Tabel 3.6.6. Majanduslikud näitajad koostootmisjaama investeringu tundlikkuse hindamiseks Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseadme Turboden 3 CHP rakendamisel**

	Ühik	Projektis kasutatud väärtus	Piirväärtus	Muutus +/-	Muutus %
Soojuse hind	EUR/MWh	53,86	57,92	4,06	7,5

Soojuse hinna tõus 7,5 % võrra annab investeringu NPV väärtuseks null.

Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on välja toodud tabelis 3.6.7.

**Tabel 3.6.7. Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti NPV-le**

		Väljastatud soojuse kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
-228 461 €												
ORC koostootmiseadme erimaksumus, MEUR/Mwsoojus	1,22	-1 193 051	-1 067 027	-856 988	-646 949	-436 909	-226 870	-16 831	193 209	403 248	613 287	1 033 366
	1,35	-1 385 542	-1 259 519	-1 049 480	-839 440	-629 401	-419 362	-209 322	717	210 756	420 796	840 874
	1,49	-1 578 034	-1 452 011	-1 241 971	-1 031 932	-821 893	-611 853	-401 814	-191 775	18 264	228 304	648 382
	1,62	-1 770 526	-1 644 502	-1 434 463	-1 224 424	-1 014 384	-804 345	-594 306	-384 267	-174 227	35 812	455 891
	1,76	-1 963 018	-1 836 994	-1 626 955	-1 416 915	-1 206 876	-996 837	-786 798	-576 758	-366 719	-156 680	263 399
	1,89	-2 155 509	-2 029 486	-1 819 446	-1 609 407	-1 399 368	-1 189 329	-979 289	-769 250	-559 211	-349 171	70 907

Tabelist 3.6.7 selgub, et tasuvusanalüüsis kasutatud koostootmiseadme erimaksumuse 1,35 MEUR/MWh puhul võiks minimaalne väljastatud aastane soojuse kogus ületada 6 000 MWh. Käesoleva projekti majandusarvestuse tulemusel saadud 5 454 MWh on väiksem eelpool toodud väärtusest. ORC koostootmiseadme erimaksumuse tõus 40% aga eeldab, et väljastatud soojuse kogus oleks koostootmiseadme poolt vähemalt 8 000 MWh aastas.

Väljastatud soojuse koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on väljendatud tabelis 3.6.8.

**Tabel 3.6.8. Väljastatud soojuste koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti NPV-le**

		Väljastatud soojuste kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Puituhakke hind, EUR/MWh	12	-1 295 134	-1 159 065	-932 283	-705 502	-478 720	-251 938	-25 157	201 625	428 407	655 188	1 108 751
	13	-1 325 270	-1 192 550	-971 349	-750 148	-528 947	-307 746	-86 545	134 656	355 856	577 057	1 019 459
	14	-1 355 406	-1 226 034	-1 010 414	-794 794	-579 174	-363 554	-147 934	67 686	283 306	498 926	930 167
	15	-1 385 542	-1 259 519	-1 049 480	-839 440	-629 401	-419 362	-209 322	717	210 756	420 796	840 874
	16	-1 415 679	-1 293 004	-1 088 545	-884 087	-679 628	-475 169	-270 711	-66 252	138 206	342 665	751 582
	17	-1 445 815	-1 326 488	-1 127 610	-928 733	-729 855	-530 977	-332 100	-133 222	65 656	264 534	662 289
	18	-1 475 951	-1 359 973	-1 166 676	-973 379	-780 082	-586 785	-393 488	-200 191	-6 894	186 403	572 997
	19	-1 506 087	-1 393 458	-1 205 741	-1 018 025	-830 309	-642 593	-454 877	-267 160	-79 444	108 272	483 704
	20	-1 536 223	-1 426 942	-1 244 807	-1 062 671	-880 536	-698 401	-516 265	-334 130	-151 994	30 141	394 412
	21	-1 566 360	-1 460 427	-1 283 872	-1 107 318	-930 763	-754 208	-577 654	-401 099	-224 545	-47 990	305 119
	22	-1 596 496	-1 493 912	-1 322 938	-1 151 964	-980 990	-810 016	-639 042	-468 069	-297 095	-126 121	215 827
	23	-1 626 632	-1 527 396	-1 362 003	-1 196 610	-1 031 217	-865 824	-700 431	-535 038	-369 645	-204 252	126 534
	24	-1 656 768	-1 560 881	-1 401 069	-1 241 256	-1 081 444	-921 632	-761 820	-602 007	-442 195	-282 383	37 242
25	-1 686 905	-1 594 366	-1 440 134	-1 285 903	-1 131 671	-977 440	-823 208	-668 977	-514 745	-360 514	-52 051	

Tabelist 3.6.8. selgub, et kütuse hinnatõusu 22 EUR/MWh korral peab väljastatud soojuste koguseks koostootmiseadme poolt olema 8 000 MWh aastas.

ORC koostootmiseseadmega Turboden 3 CHP on võimalik 8 000 töötundi korral väljastada soojust koguses 12 040 MWh (tabel 3.3.1.1). Väike-Maarja kaugküttevõrku installeerituna on võimalik seadmega arvutuslikult väljastada soojust vaid 5 454 MWh, mis on üle kahe korra vähem seadme potentsiaalset.

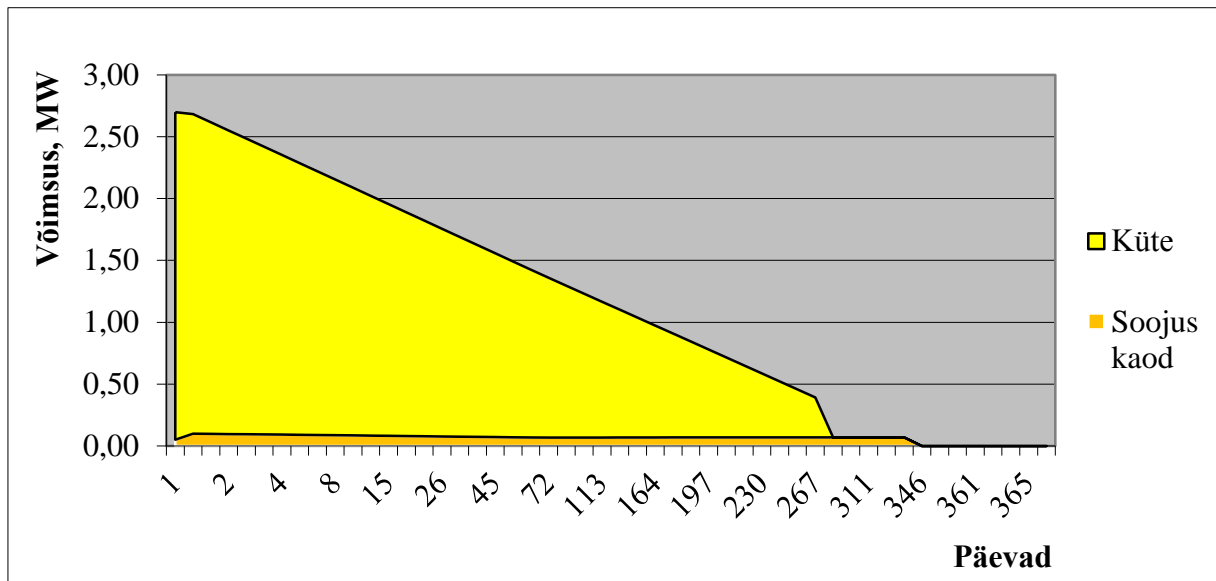
ORC koostootmiseseadme Turboden 3 CHP rakendamine Väike-Maarja kaugküttevõrgus ei ole majanduslikult otstarbekas. Olulisel määral täiendava soojuste tarbimise lisandumine kütteperioodi välisele ajale annavad aluse täiendavalt läbi viia majandusarvutused tasuvuse osas.

### 3.7. Aseri alevik

Aseri alevik asub Ida-Viru maakonna põhja osas ning kraadpäevade aluseks on võtmepiirkonnana I piirkond Jõhvi.

Aseri soojamajanduse arengukavas toodud andmete põhjal (tabel 3.1.1) on koostatud vajalik soojuste väljastusvõimsuse graafik, mis on välja toodud joonisel 3.7.1.

Aseri kaugküttevõrgu tarbeks seadmete poolt väljastatava soojuste viimine baasaastele on kirjeldatud lisa L.7 ja L.9.



**Joonis 3.7.1. Soojuse väljastuse kestusgraafik Aseri kaugküttevõrgule.**

Läbiviidud arvutuste põhjal on kaugküttevõrgule vajalik maksimaalne väljastusvõimsus 2,70 MW. Eelpooltoodud suurus on võetud aluseks Aseri kaugküttevõrgu seadmete valikul. Püsivkoormuseks on antud juhul soojuskaod trassis ja temperatuurist sõltuv soojuskoormus on kaugküte, kus temperatuuri langesdes kaugküte võimsus kasvab lineaarselt.

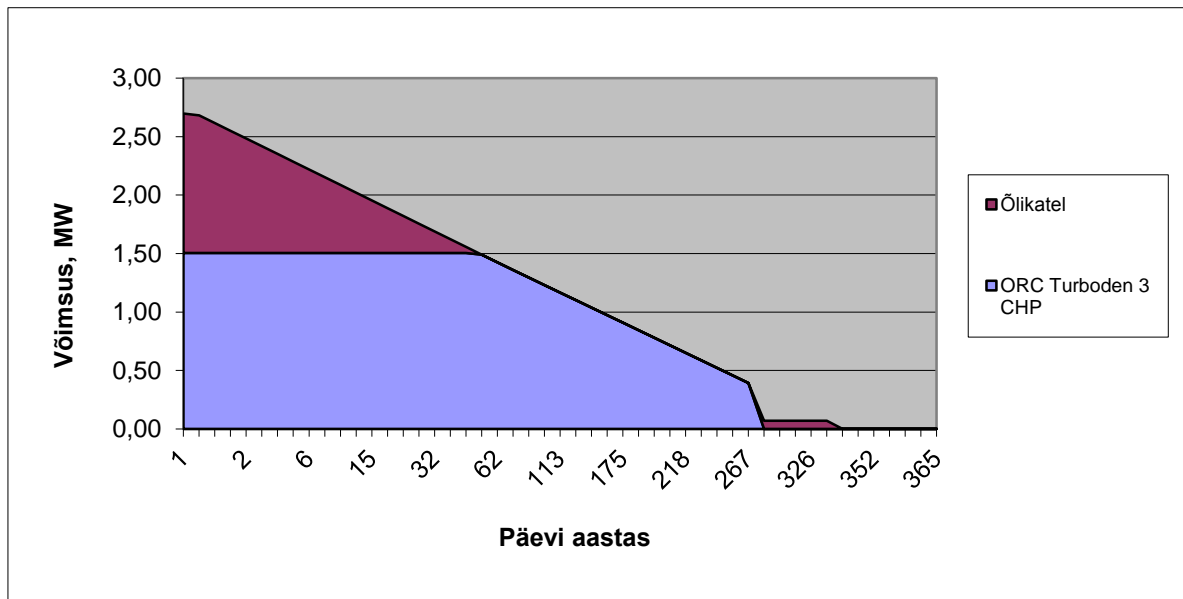
Käesoleva kaugküttevõrgu baaskoormuse katmisel on teostatud kaks võrdlevat analüüsi kahe koostootmiseseadmega: Turboden 3 CHP ja Turboden 4 split. Tipukoormuse katmiseks ning reservkatlana on kasutusel mõlema lahenduse korral kergel kütteõlil töötav katel.

### 3.7.1. Turboden 3 CHP rakendamine Aseri kaugküte võrgus

Baaskoormuse katmiseks on antud juhtumi korral võetud ORC koostootmiseseade Turboden 3 CHP, mille soojuslik võimsus on 1,50 MW ja elektriline võimsus 0,30 MW (Tabel 3.2.2.1).

Tipukoormuse katmiseks ning reservkatlana on kasutusel kergel kütteõlil töötav katel, mille soojuslik võimsus on 2,7 MW ning kasutegur 90%.

Installeeritavate seadmete poolt toodetud soojuste osakaal on toodud joonisel 3.7.2.



**Joonis 3.7.2. Tootmisseadmete poolt toodetud soojuse osakaalud Aseri kaugküttevõrgus koostootmiseseadme Turboden 3 CHP rakendamisel**

Baasaastale viiduna on käesoleva kaugküttevõrgu väljastatav soojuse kogus koostootmiseseade poolt 6 616 MWh ja õlikatla poolt 497 MWh. Seega koostootmiseseade katab 93,01% ning õlikatel 6,99% vajalikust väljastatavast soojuse kogusest. Kaugkütte võrgu tarbeks seadmete poolt väljastatava soojuse viimine baasaastele on toodud lisa L.7.

Majandusarvutuste tulemused Aseri kaugküttevõrgu kohta on esitatud tabelis 3.7.1. Aseri koostööjaama tasuvusarvutus aastate kaupa on toodud lisa L.8

**Tabel 3.7.1 Majandusarvutuste tulemused Aseri kaugküttevõrgus Turboden 3 CHP rakendamisel**

Majanduslik parameeter	Ühik	Tulemus
Lihttasuvusaeg	aastat	8,8
Nüüdispuhasväärtus (NPV)	EUR	100 121
Sisemine tulumäär (IRR)	%	6

Tabelis 3.7.1 esitatud majandusarvutuste tulemuste põhjal saame öelda, et lihttasuvusaeg 8,8 aastat ei ületa planeeritud investeeringu perioodi pikkust 15 aastat. Projekti NPV on positiivne, 100 121 EUR ning IRR väärtus on 6%, mis ületab projekti eeldatavat tulumäära. Eelpool toodud tulemuste alusel saame öelda, et projekt on tasuv ning projekti võiks teostada.

Majanduslike näitajate alusel teostatud tundlikkuse analüüsi tulemused Aseri kaugküttevõrgus koostootmiseadme Turboden 3 CHP rakendamisel on esitatud Tabelis 3.7.2.

**Tabel 3.7.1. Majanduslikud näitajad koostootmisjaama investeringu tundlikkuse hindamiseks Aseri kaugküttevõrgus Turboden 3 CHP rakendamisel**

	Ühik	Projektis kasutatud väärtus	Piirväärtus	Muutus +/-	Muutus %
Soojuse hind	EUR/MWh	53,86	52,43	-1,43	-2,7

Kütuse hind lubatud WACC määra juures võib alaneda 2,7 %.

Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on välja toodud tabelis 3.7.3.

**Tabel 3.7.3. Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti NPV-le**

100 121 €		Väljastatud soojuse kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
ORC koostootmiseadme erimaksumus, MEUR/MWsoojus	1,22	-1 352 511	-1 226 487	-1 016 448	-806 408	-596 369	-386 330	-176 291	33 749	243 788	453 827	873 906
	1,35	-1 545 002	-1 418 979	-1 208 939	-998 900	-788 861	-578 822	-368 782	-158 743	51 296	261 336	681 414
	1,49	-1 737 494	-1 611 470	-1 401 431	-1 191 392	-981 353	-771 313	-561 274	-351 235	-141 195	68 844	488 922
	1,62	-1 929 986	-1 803 962	-1 593 923	-1 383 884	-1 173 844	-963 805	-753 766	-543 726	-333 687	-123 648	296 431
	1,76	-2 122 477	-1 996 454	-1 786 415	-1 576 375	-1 366 336	-1 156 297	-946 257	-736 218	-526 179	-316 140	103 939
	1,89	-2 314 969	-2 188 946	-1 978 906	-1 768 867	-1 558 828	-1 348 788	-1 138 749	-928 710	-718 671	-508 631	-88 553

Tabelist 3.7.3 selgub, et tasuvusanalüüsis kasutatud koostootmiseadme erimaksumuse 1,35 MEUR/MWh puhul võiks minimaalne väljastatud aastane soojuse kogus ületada 6 500 MWh. Käesoleva kaugküttevõrgu majandusarvestuse tulemusel saadud 6 616 MWh on suurem eelpool toodud väärtusest. ORC koostootmiseadme erimaksumuse tõus 40% aga eeldab, et väljastatud soojuse kogus ületaks koostootmiseadme poolt 8 000 MWh aastas.

Väljastatud soojuse koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on väljendatud tabelis 3.7.4.

Tabel 3.7.4 Väljastatud soojuse koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti NPV-le

100 121 €		Väljastatud soojuste kogus, MWh										
		2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Puiduhakke hind, EUR/MWh	12	-1 454 594	-1 318 525	-1 091 743	-864 961	-638 180	-411 398	-184 617	42 165	268 947	495 728	949 292
	13	-1 484 730	-1 352 009	-1 130 809	-909 608	-688 407	-467 206	-246 005	-24 804	196 397	417 597	859 999
	14	-1 514 866	-1 385 494	-1 169 874	-954 254	-738 634	-523 014	-307 394	-91 774	123 846	339 466	770 707
	15	-1 545 002	-1 418 979	-1 208 939	-998 900	-788 861	-578 822	-368 782	-158 743	51 296	261 336	681 414
	16	-1 575 139	-1 452 463	-1 248 005	-1 043 546	-839 088	-634 629	-430 171	-225 712	-21 254	183 205	592 122
	17	-1 605 275	-1 485 948	-1 287 070	-1 088 193	-889 315	-690 437	-491 559	-292 682	-93 804	105 074	502 829
	18	-1 635 411	-1 519 433	-1 326 136	-1 132 839	-939 542	-746 245	-552 948	-359 651	-166 354	26 943	413 537
	19	-1 665 547	-1 552 917	-1 365 201	-1 177 485	-989 769	-802 053	-614 337	-426 620	-238 904	-51 188	324 244
	20	-1 695 683	-1 586 402	-1 404 267	-1 222 131	-1 039 996	-857 861	-675 725	-493 590	-311 454	-129 319	234 952
	21	-1 725 820	-1 619 887	-1 443 332	-1 266 778	-1 090 223	-913 668	-737 114	-560 559	-384 004	-207 450	145 659
	22	-1 755 956	-1 653 372	-1 482 398	-1 311 424	-1 140 450	-969 476	-798 502	-627 528	-456 555	-285 581	56 367
	23	-1 786 092	-1 686 856	-1 521 463	-1 356 070	-1 190 677	-1 025 284	-859 891	-694 498	-529 105	-363 712	-32 926
	24	-1 816 228	-1 720 341	-1 560 529	-1 400 716	-1 240 904	-1 081 092	-921 279	-761 467	-601 655	-441 843	-122 218
25	-1 846 364	-1 753 826	-1 599 594	-1 445 363	-1 291 131	-1 136 900	-982 668	-828 436	-674 205	-519 973	-211 510	

**Tabelist 3.7.4. selgub, et kütuse hinnatõus 22 EUR/MWh eeldab väljastatud soojuste koguseks koostootmiseseadme poolt 8 000 MWh aastas.**

ORC koostootmiseseadmega Turboden 3 CHP on võimalik 8 000 töötundi korral väljastada soojust koguses 12 040 MWh (tabel 3.3.1.1). Aseri kaugküttevõrku installeerituna on võimalik seadmega arvutuslikult väljastada soojust vaid 6 616 MWh, mis on veidi üle poole seadme potentsiaalsest väljastatavast soojuste hulgest.

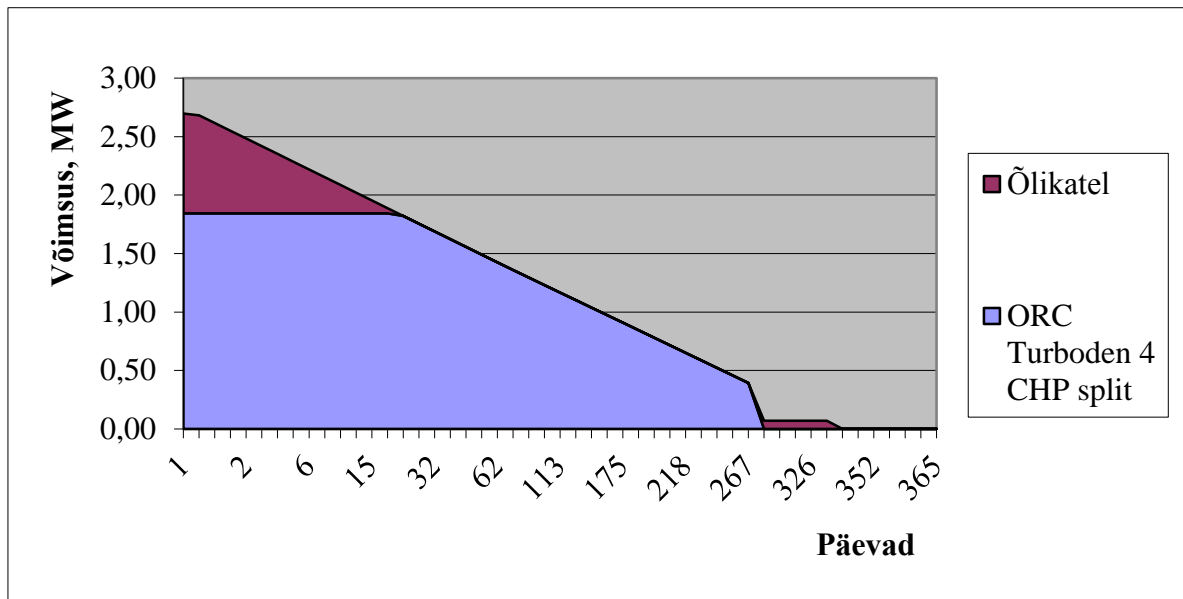
### 3.7.2. Turboden 4 CHP split rakendamine Aseri kaugkütte võrgus

Baaskoormuse katmiseks on antud juhtumi korral võetud ORC koostootmiseseade Turboden 4 CHP split, mille soojustlik võimsus on 1,844 MW ja elektriline võimsus 0,424 MW (Tabel 3.2.2.1).

Tipukoormuse katmiseks ning reservkatlana on kasutusel kergel kütteilil töötav katel, mille soojustlik võimsus on 2,7 MW ning kasutegur 90%.

Installeeritavate seadmete poolt toodetud soojuste osakaal on toodud joonisel 3.7.3.





**Joonis 3.7.3. Tootmiseseadmete poolt toodetud soojuse osakaalud Aseri kaugküttevõrgus koostootmiseseadme Turboden 4 CHP split rakendamisel**

Baasaastale viiduna on käesoleva kaugküttevõrgu väljastatav soojuse kogus koostootmiseseade poolt 6 868 MWh ja õlikatla poolt 246 MWh. Seega koostootmiseseade katab 96,55% ning õlikatel 3,45% vajalikust väljastatavast soojuse kogusest. Kaugkütte võrgu tarbeks seadmete poolt väljastatud soojuse hulga viiduna baasaastale leiab lisast L.9.

Majandusarvutuste tulemused Aseri kaugküttevõrgu kohta on välja toodud tabelis 3.7.5. Väike-Maarja koostööjaama tasuvusarvutus aastate kaupa on toodud lisa L.10

**Tabel 3.7.5. Majandusarvutuste tulemused Aseri kaugküttevõrgus koostootmiseseadme Turboden 4 CHP split rakendamisel**

Majanduslik parameeter	Ühik	Tulemus
Lihttasuvusaeg	aastat	9,6
Nüüdispuhasväärtus (NPV)	EUR	-63 844
Sisemine tulumäär (IRR)	%	5,0

Käesoleva tasuvusarvutuse tulemusena selgub, et antud projekti lihttasuvusaeg on 9,6 aastat ning see ei ületa kavandatud investeeringu perioodi pikkust 15 aastat. Projekti NPV on siiski negatiivne, -63 844 EUR ning IRR väärtus 5% on väiksem nõutud sisemisest tulumäärast, seega projekt on mitte tasuv ning tuleb otsusena tagasi lükata. Kuigi lihttasuvusaeg on positiivne, siis lähtuvalt ainult sellest näitajast ei tohi käesoleva projekti puhul investeeringuotsust teha.

Tabelis 3.7.2.2. on valitud majanduslike näitajate alusel teostatud tundlikkuse analüüsi tulemused Turboden 4 CHP split rakendamise korral.

**Tabel 3.7.6. Majanduslikud näitajad koostootmisjaama investeringu tundlikkuse hindamiseks Väike-Maarja kaugküttevõrgus koostootmiseadme Turboden 4 CHP split rakendamisel**

	Ühik	Projektis kasutatud väärtus	Piirväärtus	Muutus +/-	Muutus %
Soojuse hind	EUR/MWh	53,86	54,77	0,91	1,7

Tabelis 3.7.6 välja toodud tundlikkuse analüüsi tulemusena soojuse hind tõuseb 1,7% lubatud WACC määra juures .

Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on välja toodud tabelis 3.7.7.

**Tabel 3.7.7. Väljastatud soojuse koguse ning ORC koostootmiseadme erimaksumuse mõju projekti NPV-le**

		Väljastatud soojuse kogus, MWh										
		4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500
-63 844 €												
ORC koostootmiseadme erimaksumus, MEUR/M <sub>W</sub> soojus	1,22	-862 568	-644 099	-425 630	-207 161	11 308	229 777	448 245	666 714	885 183	1 103 652	1 322 121
	1,35	-1 098 418	-879 949	-661 480	-443 012	-224 543	-6 074	212 395	430 864	649 333	867 802	1 086 271
	1,49	-1 334 269	-1 115 800	-897 331	-678 862	-460 393	-241 924	-23 455	195 014	413 483	631 951	850 420
	1,62	-1 570 119	-1 351 650	-1 133 181	-914 712	-696 243	-477 774	-259 306	-40 837	177 632	396 101	614 570
	1,76	-1 805 969	-1 587 500	-1 369 031	-1 150 562	-932 094	-713 625	-495 156	-276 687	-58 218	160 251	378 720
	1,89	-2 041 819	-1 823 351	-1 604 882	-1 386 413	-1 167 944	-949 475	-731 006	-512 537	-294 068	-75 600	142 869

Tabelist 3.7.7 selgub, et tasuvusanalüüsis kasutatud koostootmiseadme erimaksumuse 1,35 MEUR/MWh puhul võiks minimaalne väljastatud soojuse kogus aastas ületada veidi üle 7 000 MWh. Käesoleva projekti majandusarvestuse tulemusel saadud 6 868 MWh on väiksem eelpool toodud väärtusest. ORC koostootmiseadme erimaksumuse tõus 40% aga eeldab, et väljastatud soojuse kogus oleks koostootmiseadme poolt vähemalt 9 500 MWh aastas.

Väljastatud soojuse koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti nüüdispuhasväärtusele on väljendatud tabelis 3.7.8.

**Tabel 3.7.8. Väljastatud soojuste koguse ning puitkütuse maksumuse mõju projekti NPV-le**

		Väljastatud soojuste kogus, MWh										
		4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500
-63 844 €												
Puiduhakke hind, EUR/MWh	12	-947 737	-712 526	-477 315	-242 104	-6 892	228 319	463 530	698 741	933 953	1 169 164	1 404 375
	13	-997 964	-768 334	-538 703	-309 073	-79 442	150 188	379 818	609 449	839 079	1 068 710	1 298 340
	14	-1 048 191	-824 142	-600 092	-376 042	-151 993	72 057	296 107	520 156	744 206	968 256	1 192 305
	15	-1 098 418	-879 949	-661 480	-443 012	-224 543	-6 074	212 395	430 864	649 333	867 802	1 086 271
	16	-1 148 645	-935 757	-722 869	-509 981	-297 093	-84 205	128 683	341 571	554 460	767 348	980 236
	17	-1 198 872	-991 565	-784 258	-576 950	-369 643	-162 336	44 972	252 279	459 586	666 894	874 201
	18	-1 249 099	-1 047 373	-845 646	-643 920	-442 193	-240 467	-38 740	162 987	364 713	566 440	768 166
	19	-1 299 326	-1 103 180	-907 035	-710 889	-514 743	-318 597	-122 452	73 694	269 840	465 986	662 131
	20	-1 349 553	-1 158 988	-968 423	-777 858	-587 293	-396 728	-206 163	-15 598	174 967	365 532	556 097
	21	-1 399 780	-1 214 796	-1 029 812	-844 828	-659 843	-474 859	-289 875	-104 891	80 093	265 078	450 062
	22	-1 450 007	-1 270 604	-1 091 200	-911 797	-732 394	-552 990	-373 587	-194 183	-14 780	164 624	344 027
	23	-1 500 234	-1 326 412	-1 152 589	-978 766	-804 944	-631 121	-457 298	-283 476	-109 653	64 170	237 992
	24	-1 550 461	-1 382 219	-1 213 978	-1 045 736	-877 494	-709 252	-541 010	-372 768	-204 526	-36 284	131 957
25	-1 600 688	-1 438 027	-1 275 366	-1 112 705	-950 044	-787 383	-624 722	-462 061	-299 400	-136 739	25 923	

Tabelist 3.7.8. selgub, et kütuse hinnatõus 22 EUR/MWh eeldab väljastatud soojuste koguseks koostootmisest poolt 9 000 MWh aastas.

ORC koostootmisest Turboden 4 CHP split on võimalik 8 000 töötundi korral väljastada soojust koguses 14 752 MWh (tabel 3.3.1.1). Aseri kaugküttevõrku installeerituna on võimalik seadmega arvutuslikult väljastada soojust vaid 6 868 MWh, mis on vähem kui pool seadme potentsiaalsest väljastatavast soojuste hulgast.

## Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli analüüsida Orgaaniline Rankine'i ringprotsessil põhinevate koostootmiseseadmete rakendamises väikestes kaugküttevõrkudes ning anda majandulik hinnang seadmete rakendamises. Magistritöö aluseks oli autori poolne arvamus, et hajaenergeetikale omaste lahenduse rakendamine väikeste kaugküttevõrkude puhul võib olla otstarbekas ning majanduslikult tasuv.

Esimeses osas käsitleti kaugküttevõrku ning energiatootmise temaatikat üldisemalt. Vaadeldi kaugküttevõrkude jaotust ning väikeste kaugküttevõrkude osakaalu. Anti ülevaade enereetikasektori arengutest Eestis kasutades vastavaid aastastatistika kokkuvõtteid. Käsitleti biokütuse kasutamise suundumusi ning puitkütuste võimalusi selleks täna ja tulevikus. Samuti toodi välja vajaliku metsaressursi kasutamise võimalused tulevikus.

Esimeses osas välja toodu põhjal saab kinnitada, et Eestis väheneva soojuse tarbimise ja kasvava elektri nõudlusega on energiasektoris järk-järgult toimumas väikesed muutused. Euroopa Liidu ja Eesti poliitikad energiasektoris suunavad enam energiakokkuhoiu ning energiasäästliku lähenemisviisi poole. Taastuvenergiaga seotud eemärgid on selle paketi osaks.

NordPoolSpot börs annab täna soojusetootjatel võimaluse läbi koostootmise osaleda avatud elektrienergia turul ning paremini hajutada energiatootmisega seotud riske. Kasvavate primaarenergiyahindade juures tagab see ühtlasi resursi parema ärakasutuse.

Teises osas analüüsiti ORC tehnoloogia tehnilisi ja majanduslikke näitajaid.

Kõige traditsioonilisemalt toimub elektritootmine ORC seadmega geotermaal soojuse, tööstusprotsessides vabaneva heitsoojuse, päikesesoojuse ning biomassi põletamisest saadava soojuse tulemusel. ORC tehnoloogia on jäänud siiski nišši tooteks ja laiem kasutuselevõtt seonduv eelkõige läbi tehnoloogiliste lahenduste uuendamise et tõsta üldist kasutegurit ning alandada ka seadmete hinda. Kõige enam on ORC seadmeid installeeritud geotermaal soojusel põhinevalt, järgnevad biomassi ja tööstuse heitgaaside rakendused.

Erinevate energia allikate kooskasutamine leiab tänapäeval enam kasutust, seda just juhtudel kus päikeselt saadud energia kõrval on võimalik teiseks sisendiks võtta näiteks geotermaal soojus või biomassilt saadud soojusenergia.

ORC tootjad iseloomustab, see et nad on keskendunud väga konkreetsete lahenduste pakkumisele väga kindlas turusegmenendis. Seadmete väga suur võimsuste vahemik ja erinevused tehniliste näitajate ja hinna osas teevad seadmete valiku lõppkasutajale väga keeruliseks. Magistritöö kolmandas osas analüüsi teostamisel ongi seetõttu kasutusel konkreetsete standardlahendused.

Töö kolmandas mahukamas osas on metoodiliste lahenduste abil läbi viidud konkreetsete kaugküttevõrkude reaalsete näitajate alusel majanduslik tasuvusanalüüs. Kaugküttevõrkude valiku aluseks oli et nende väljastatava soojuse maht ei ületaks 10 000 MWh aastas. Soojusenergia tarbimise andmed olid kättesaadavad aastase tarbimise osas. Koostati kaugküttevõrgule soojustarbimise ja soojusväljastuse kestusgraafikud ning teostati sobivate ORC seadmete valik olemasolevate standard lahenduse seast.

Majandusanalüüs teostati investeringu majandusliku tasuvuse metoodika kohaselt kolmel viisil: lihttasuvusaeg, rahavoogude (tegevuskulud, -tulud ja investeeringud) diskonteeritud nüüdispuhasväärtus (NPV) ja sisemine tasuvusläävi (IRR) teel.

Juhtumite kohta teostati esmalt tundlikkuse analüüs väljastatud soojuse hinna osas, selleks et saada teada milline oleks Konkurentsiameti poolt lubatud WACC suuruse juures tegelik lõplik soojuse hind.

Täiendavalt teostatud tundlikkuse analüüs väljastatud soojuse koguse ning esmalt ORC koostootmisjaama erimaksumuse ja teiseks kütuse hinna tõusu osas väljendatuna selle mõjus projekti nüüdispuhasväärtusele.

Vastseliina kaugküttevõrgule paigaldati koostootmiseseade Turboden T200 split, NPV on negatiivne -671 382 EUR ning IRR on -2,1%. Investeering ei ole seega majanduslikult tasuv ning tuleb tagasi lükata. Tundlikkuse analüüsi alusel peaks soojuse hind olema 77,93 EUR. Koostootmiseseadme rakendamist saaks kaaluda juhul, kui seadmele tagatakse täiendavalt soojuse väljastus koguses, mis ületaks 4500 MWh aastas, mis antud juhul oli vaid 2758 MWh.

Väike-Maarja kaugküttevõrgule paigaldati võrdlevaks analüüsiks nii koostootmiseseade Turboden T200 split ja Turboden 3 CHP. Väike-Maarja kaugküttevõrku installeerituna on võimalik Turboden T200 split seadmega arvutuslikult väljastada soojust 5 160 MWh, jättes seadmele veel varu enam kui 3500 MWh soojuse tootmiseks. Projekti NPV on positiivne, 58 617 EUR ning IRR-i väärtus 6% ületab nõutud sisemise tulumäära. Turboden 3 CHP installerimisel Väike-Maarja kaugküttevõrku on võimalik seadmega arvutuslikult väljastada soojust vaid 5 454 MWh, mis on

üle kahe korra vähem seadme potentsiaalset. ORC koostootmiseseadme Turboden 3 CHP rakendamine Väike-Maarja kaugküttevõrgus ei ole majanduslikult otstarbekas NPV on negatiivne. Siiski olulisel määral täiendava soojuse tarbimise lisandumine kütteperioodi välisele ajale annavad aluse, et Turboden T200 split rakendamine võib olla otstarbekas, kui täiendavalt läbi viia majandusarvutused tasuvuse osas.

Aseri kaugküttevõrgule paigaldati võrdlevaks analüüsiks nii koostootmiseseade Turboden 3 CHP ja Turboden 4 CHP split. Turboden 3 CHP puhul oli investeeringu NPV on positiivne, 100 121 EUR ning IRR väärtus on 6%, mis ületab projekti eeldatavat tulumäära. Koostootmiseseadme poolt väljastatud soojuse hulk oli 6 616 MWh Eelpool toodud tulemuste alusel saame öelda, et projekt on tasuv ning projekti võiks teostada.

ORC koostootmiseseadmega Turboden 4 CHP split on võimalik 8 000 töötunni korral väljastada soojust koguses 14 752 MWh Aseri kaugküttevõrku installeerituna on võimalik seadmega arvutuslikult väljastada soojust vaid 6 868 MWh, mis on vähem kui pool seadme potentsiaalsest väljastatavast soojuse hulgast. NPV oli negatiivne ja

Määravaks saab kaugküttevõrgus piisava soojustarbimise puudumine. ORC koostootmisjaama rajamist tuleks kaaluda, kui täiendavalt leitakse juurde soojuskoormuseid kütteperioodi välisele ajale, tarbevee soojendamise või aastaringselt soojusenergiat tarbivate tootmisettevõtete. Tundlikkuseanalüüsist selgus, et ORC seadme investeeringu suuruse ja puiduhakke hinna tõus kahandab oluliselt majanduslikku tasuvust.

Käesoleva magistritöö analüüsi tulemusel võiks ORC koostootmisele üleminekut kaaluda neis kaugküttevõrkudes mille soojuse väljastuse mahud algavad 6 500 MWh aastas.

## Kirjandus

Parandada viide, viite link ja kuupäev [Online]

- [1] EUROOPA KOMISJONI TEATIS, “Energia tegevuskava aastani 2050.” [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX%3A52011DC0885>.
- [2] Euroopa Komisjon, “ELi kütte- ja jahutusstrateegia.” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/ET/1-2016-51-ET-F1-1.PDF>.
- [3] Tartu Ülikooli sotsiaalteaduslike rakendusuuringute keskus RAKE, “Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050.” [Online]. Available: [https://www.envir.ee/sites/default/files/loppraport\\_2050.pdf](https://www.envir.ee/sites/default/files/loppraport_2050.pdf).
- [4] Euroopa Komisjon, “Kliima- ja energiapoliitika raamistik ajavahemikuks 2020–2030.” [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0015>.
- [5] Eesti Maaülikool, “Energiakasutuse ja bioenergia osakaalu muutused investeeringutoetuse saajate näitel,” 2015. [Online]. Available: [http://ms.emu.ee/userfiles/MSI\\_failid/Uuringud/Bioenergia\\_uuring\\_2015.pdf](http://ms.emu.ee/userfiles/MSI_failid/Uuringud/Bioenergia_uuring_2015.pdf).
- [6] “Eesti koostootmise tegevuskava,” *Cogeneration Observatory and Dissemination Europe*, 2014. [Online]. Available: [http://www.code2-project.eu/wp-content/uploads/D2-2-Cogeneration-raodmap-NPMS-EE-Summary-2014-11-27\\_EE.pdf](http://www.code2-project.eu/wp-content/uploads/D2-2-Cogeneration-raodmap-NPMS-EE-Summary-2014-11-27_EE.pdf).
- [7] A. Volkova and A. Siirde, “Efficiency Assessment of Support Mechanisms for Wood-Fired Cogeneration Development in Estonia,” 2010. [Online]. Available: [http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/\\$002fj\\$002frtuect.2010.4.issue--1\\$002fv10145-010-0026-3\\$002fv10145-010-0026-3.pdf/v10145-010-0026-3.pdf?t:ac=j\\$002frtuect.2010.4.issue--1\\$002fv10145-010-0026-3\\$002fv10145-010-0026-3.xml](http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/$002fj$002frtuect.2010.4.issue--1$002fv10145-010-0026-3$002fv10145-010-0026-3.pdf/v10145-010-0026-3.pdf?t:ac=j$002frtuect.2010.4.issue--1$002fv10145-010-0026-3$002fv10145-010-0026-3.xml).
- [8] Nordic Energy Research, “Nordic Energy Technology Perspectives 2016.” [Online]. Available: <http://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2016/04/Nordic-Energy-Technology-Perspectives-2016.pdf>.
- [9] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, “ENMAK 2030+ Eesti energiamajanduse

- arengukava aastani 2030,” 2015. [Online]. Available:  
[http://www.energiatalgud.ee/img\\_auth.php/5/5b/ENMAK\\_2030.\\_Eelnõu\\_13.02.2015.pdf](http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/5/5b/ENMAK_2030._Eelnõu_13.02.2015.pdf).
- [10] Vabariigi Valitsus, “Kaugkütteseadus,” 2015. [Online]. Available:  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/KKütS>.
- [11] Eesti Arengufond, “Kaugkütte energiasääst,” 2013. [Online]. Available:  
[https://energiatalgud.ee/img\\_auth.php/4/46/Eesti\\_Arengufond.\\_Kaugkütte\\_energiasääst.pdf](https://energiatalgud.ee/img_auth.php/4/46/Eesti_Arengufond._Kaugkütte_energiasääst.pdf).
- [12] Statistikaamet, “Energia tarbimine ja tootmine - mõisted.” [Online]. Available:  
[http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia\\_tarbimine\\_ja\\_tootmine/01Aastatatistika/KE\\_01.htm](http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/01Aastatatistika/KE_01.htm).
- [13] Statistikaamet, “Energia tarbimine ja tootmine.” [Online]. Available: [http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia\\_tarbimine\\_ja\\_tootmine/01Aastatatistika/01Aastatistika.asp](http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/01Aastatatistika/01Aastatistika.asp).
- [14] Vabariigi Valitsus, “Biomassist elektrienergia koostootmise juhis,” 2010. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13347500>.
- [15] Elering AS, “Elektrisüsteemi kokkuvõte 2015.” [Online]. Available:  
<http://elering.ee/elektrisusteemi-kokkuvote-2015/>.
- [16] Elering AS, “Elektrisüsteemi aastakokkuvõte 2016.” [Online]. Available:  
<http://elering.ee/elektrisusteemi-aastakokkuvote-2016/>.
- [17] Eesti Taastuvenergia Koda, “Taastuvenergia aastaraamat 2014,” 2014. [Online]. Available: [http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2014/06/TE\\_aastaraamat\\_2014-1.pdf](http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2014/06/TE_aastaraamat_2014-1.pdf).
- [18] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, “Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018.” [Online]. Available: [https://valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/eesti\\_elektrimajanduse\\_arengukava.pdf](https://valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/eesti_elektrimajanduse_arengukava.pdf).
- [19] Euroopa Parlament, “Euroopa Parlamendi ja Nõukogi direktiiv 2009/28/EÜ,” *Euroopa Liidu Teataja*, 2009. [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal->



- content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN.
- [20] Ü. Kask, “Bioenergeetika – otsapidi biomassi küljes,” *Horisont*, 2012. [Online]. Available: <http://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:195413/177494/page/52>.
- [21] Keskkonnaministeerium, “Eesti Metsanduse Arengukava Aastani 2020,” 2010. [Online]. Available: [https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/3180/2201/1003/Eesti\\_metsanduse\\_arengukava.pdf](https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/3180/2201/1003/Eesti_metsanduse_arengukava.pdf).
- [22] S. Leduc, E. Wetterlund, E. Dotzauer, and G. Kindermann, “CHP or Biofuel Production in Europe?,” *Energy Procedia*, vol. 20, pp. 40–49, 2012.
- [23] Y. Forest, “Yearbook Forest 2013,” 2014. [Online]. Available: [http://www.keskkonnainfo.ee/failid/Mets\\_2013.pdf](http://www.keskkonnainfo.ee/failid/Mets_2013.pdf).
- [24] “Energiatalgud.” [Online]. Available: [http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Metsa\\_energeetiline\\_ressurss&menu-26](http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Metsa_energeetiline_ressurss&menu-26).
- [25] M. Astolfi, *Organic Rankine Cycle ( ORC ) Power Systems*, no. 107. Elsevier Ltd, 2016.
- [26] H. Chen, D. Y. Goswami, and E. K. Stefanakos, “A review of thermodynamic cycles and working fluids for the conversion of low-grade heat,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 9, pp. 3059–3067, Dec. 2010.
- [27] W. C. Andersen and T. J. Bruno, “Rapid Screening of Fluids for Chemical Stability in Organic Rankine Cycle Applications,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 44, no. 15, pp. 5560–5566, 2005.
- [28] B. F. Tchanche, M. Pétrissans, and G. Papadakis, “Heat resources and organic Rankine cycle machines,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 39, pp. 1185–1199, Nov. 2014.
- [29] A. Paist, “Väike- ja mikrokoostootmine loengumaterjal,” 2015.
- [30] S. Quoilin, M. Van Den Broek, S. Declaye, P. Dewallef, and V. Lemort, “Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 22, pp. 168–186, Jun. 2013.
- [31] “ORC World Map.” [Online]. Available: <http://orc-world-map.org/analysis.html>.
- [32] Turboden, “Combined Heat and Power Standard Models.” [Online]. Available:

- <http://www.turboden.eu/en/products/products-chp.php>.
- [33] P. Colonna, E. Casati, C. Trapp, T. Mathijssen, J. Larjola, T. Turunen-Saaresti, and A. Uusitalo, "Organic Rankine Cycle Power Systems: From the Concept to Current Technology, Applications, and an Outlook to the Future," *J. Eng. Gas Turbines Power*, vol. 137, no. 10, p. 100801, 2015.
- [34] "Triogen koduleht." [Online]. Available: [www.triogen.nl](http://www.triogen.nl).
- [35] "Aalborg CSP koduleht." [Online]. Available: <http://www.aalborgcsp.com/projects/csp-for-combined-heat-and-power-generation-denmark/>.
- [36] "Ormat koduleht." [Online]. Available: [www.ormat.com](http://www.ormat.com).
- [37] "Turboden koduleht." [Online]. Available: [www.turboden.eu](http://www.turboden.eu).
- [38] "Adoratec koduleht." [Online]. Available: [www.adoratec.com](http://www.adoratec.com).
- [39] "Atlas Copco koduleht." [Online]. Available: [www.atlascopco-gap.com](http://www.atlascopco-gap.com).
- [40] "ElectraTherm koduleht." [Online]. Available: [www.electratherm.com](http://www.electratherm.com).
- [41] "Eneftech koduleht." [Online]. Available: <https://www.environmental-expert.com/companies/eneftech-innovation-sa-50854/>.
- [42] "Exergy koduleht." [Online]. Available: <http://exergy-orc.com/>.
- [43] "General Electric koduleht." [Online]. Available: [www.ge-distributedpower.com](http://www.ge-distributedpower.com).
- [44] "GMK koduleht." [Online]. Available: [www.GMK.de](http://www.GMK.de).
- [45] P. Bogdanov, "Vastseliina kaugkütte võrgupiirkonna," 2016. [Online]. Available: [https://www.riigiteataja.ee/aktiis/4140/4201/6115/Vastseliina\\_SMAK.pdf](https://www.riigiteataja.ee/aktiis/4140/4201/6115/Vastseliina_SMAK.pdf).
- [46] A. Vabamäe, "Väike - Maarja aleviku kaugkütte võrgupiirkonna soojusmajanduse," 2016. [Online]. Available: [https://www.riigiteataja.ee/aktiis/4030/3201/6091/2016\\_m4\\_lisa3.pdf#](https://www.riigiteataja.ee/aktiis/4030/3201/6091/2016_m4_lisa3.pdf#).
- [47] "Aseri valla soojusmajanduse arengukava," *Doran OÜ*. [Online]. Available: [http://aserivv.ee/files/articles/Aseri\\_valla\\_soojusmajanduse\\_arengukava\\_aastateks\\_2016\\_-\\_2026.pdf](http://aserivv.ee/files/articles/Aseri_valla_soojusmajanduse_arengukava_aastateks_2016_-_2026.pdf).

- [48] TTÜ Soojus tehnika Instituut, “Efektiivse kaugküttesüsteemi referentshinna arvutusmudeli auditeerimine,” 2014. [Online]. Available: [https://energiatalgud.ee/img\\_auth.php/b/b8/TTÜ.\\_Efektiivse\\_kaugküttesüsteemi\\_referentshinna\\_arvutusmudeli\\_auditeerimine.\\_2014.pdf](https://energiatalgud.ee/img_auth.php/b/b8/TTÜ._Efektiivse_kaugküttesüsteemi_referentshinna_arvutusmudeli_auditeerimine._2014.pdf).
- [49] A. Loigu, E., Kõiv, “Eesti kraadpäevad,” *TTÜ Keskkonnatehnika Instituut*, 2006. [Online]. Available: [www:](http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/9/93/Loigu,_E.,_Kõiv,_A._Eesti_kraadpäevad.pdf)  
[http://www.energiatalgud.ee/img\\_auth.php/9/93/Loigu,\\_E.,\\_Kõiv,\\_A.\\_Eesti\\_kraadpäevad.pdf](http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/9/93/Loigu,_E.,_Kõiv,_A._Eesti_kraadpäevad.pdf).
- [50] Turboden, “APPLICATION OF ORC UNITS IN SAWMILLS.” [Online]. Available: [http://www.turboden.eu/en/public/downloads/08A03722\\_paper\\_turboden\\_segherie.pdf](http://www.turboden.eu/en/public/downloads/08A03722_paper_turboden_segherie.pdf).
- [51] R. Kuhi-Thalfeldt, “HAJAENERGEETIKA INVESTEERINGUTE HINDAMINE – PROJEKT,” 2011.
- [52] Konkurentsiamet, “Riikliku regulatsiooni otstarbekusest väikestes kaugkütte võrgupiirkondades (aastase müüginahuga alla 10 000 MWh).” [Online]. Available: [http://www.konkurentsiamet.ee/public/Riikliku\\_regulatsiooni\\_otstarbekusest\\_v\\_ikestes\\_kaugkutte\\_v\\_rgupiirkondades\\_aastase\\_m\\_gimahuga\\_alla\\_10\\_000\\_MWh\\_.pdf](http://www.konkurentsiamet.ee/public/Riikliku_regulatsiooni_otstarbekusest_v_ikestes_kaugkutte_v_rgupiirkondades_aastase_m_gimahuga_alla_10_000_MWh_.pdf).
- [53] Elering, “Nord Pool Spot elektribörs.” [Online]. Available: <http://elering.ee/nord-pool-spot-elektibors/>.
- [54] Nord Pool Spot, “Elspot prices.” [Online]. Available: <http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/EE/Yearly/?view=table>.
- [55] Riigikogu, “Elektrituruseadus.” [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/ELTS>.
- [56] P. Coordinator and I. Obernberger, “IEA Bioenergy Task 32 project Techno-economic evaluation of selected decentralised CHP applications based on biomass combustion with steam turbine and ORC processes,” no. December, 2015.
- [57] A. Vabamägi, “Mõisaküla linna soojusmajanduse arengukava aastateks 2016-2026.” [Online]. Available: [https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/4260/7201/6002/m7\\_lisa.pdf](https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/4260/7201/6002/m7_lisa.pdf).
- [58] “ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE,” 2010. [Online]. Available: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/country-info/statements/Finland2016.pdf>.

- [59] A. Aasma, *Investeeringute matemaatika alused*. Kirjastus Argo, 2015.
- [60] Konkurentsiamet, "Konkurentsiameti koduleht," *Juhend 2016.a kaalutud keskmise kapitali hinna arvutamiseks*, 2016. [Online]. Available: [www.konkurentsiamet.ee/file.php?27487](http://www.konkurentsiamet.ee/file.php?27487).
- [61] Konkurentsiamet, "WACC juhend." [Online]. Available: [www.konkurentsiamet.ee/file.php?27487](http://www.konkurentsiamet.ee/file.php?27487).

## Lisad

### L.1.1 Vastseliina kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden T200 split rakendamisel

		Päevade arv, (allikas, Eesti kraadpäevad)	Kogu soojuse väljastus	ORC Turboden T200 split		Õlikatel	
tv, °C	Võimsus, MW		Soojusli k võimsus , MW	Toodang, MWh	Soojusli k võimsus , MW	Toodang, MWh	
<b>ORC Turboden T200 split</b>		-24	1,0	1,07	25,64	0,00	0,00
Soojuslik võimsus, MW	1,108	-23	1,2	1,10	5,28	0,00	0,00
Minimaalne töökoormus, %	20	-22	1,5	1,07	7,73	0,00	0,00
Minimaalne töökoormus, MW	0,22	-21	2,0	1,05	12,56	0,00	0,00
Toodang, MWh	2758	-20	2,4	1,02	9,80	0,00	0,00
Toodang, %	93,47	-19	2,8	0,99	9,55	0,00	0,00
<b>Õlikatel</b>		-18	3,9	0,97	25,57	0,00	0,00
Soojuslik võimsus, MW	0,20	-17	4,7	0,94	18,07	0,00	0,00
Toodang, MWh	193	-16	5,6	0,92	19,77	0,00	0,00
Toodang, %	6,53	-15	6,9	0,89	27,73	0,00	0,00
		-14	8,3	0,88	28,98	0,00	0,00
		-13	10,7	0,84	48,12	0,00	0,00
		-12	12,7	0,81	38,84	0,00	0,00
		-11	15,7	0,78	56,31	0,00	0,00
		-10	18,6	0,76	52,60	0,00	0,00
		-9	22,5	0,73	68,22	0,00	0,00
		-8	27,2	0,70	79,24	0,00	0,00
		-7	33,2	0,68	97,37	0,00	0,00
		-6	39,7	0,65	101,38	0,00	0,00
		-5	46,1	0,62	95,67	0,00	0,00
		-4	54,5	0,60	120,27	0,00	0,00
		-3	63,4	0,57	121,95	0,00	0,00
		-2	73,7	0,55	134,96	0,00	0,00
		-1	85,0	0,52	141,30	0,00	0,00
		0	98,8	0,50	164,30	0,00	0,00
		1	117,8	0,47	215,14	0,00	0,00
		2	136,9	0,45	204,83	0,00	0,00
		3	153,3	0,42	166,05	0,00	0,00
		4	165,4	0,40	115,47	0,00	0,00
		5	176,3	0,37	97,49	0,00	0,00
		6	186,9	0,35	88,46	0,00	0,00
		7	197,1	0,32	79,01	0,00	0,00
		8	208,4	0,30	80,76	0,00	0,00
		9	218,6	0,27	66,79	0,00	0,00
		10	230,3	0,25	69,61	0,00	0,00
		11	242,1	0,22	63,14	0,00	0,00
		12	254,7	0,20	0,00	0,20	59,87
		13	268,2	0,07	0,00	0,07	23,73
		14	282,4	0,07	0,00	0,07	24,96
		15	298,0	0,07	0,00	0,07	27,42
		16	314,6	0,07	0,00	0,07	29,17
		17	327,0	0,07	0,00	0,07	21,79
		18	337,7	0,01	0,00	0,01	1,64
		19	344,3	0,01	0,00	0,01	1,01
		20	351,7	0,01	0,00	0,01	1,14
		21	357	0,01	0,00	0,01	0,83
		22	361	0,01	0,00	0,01	0,58
		23	363	0,01	0,00	0,01	0,37
		24	365	0,01	0,00	0,01	0,18

## L.2. Vastseliina koostootmisjaama rahavood

Üldandmed	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
Maksimaalne väljastusvõimsus, MW	2,21																
Õlikatla vajalik minimaalne võimsus, MW	0,20																
Sooja vee soojendamise, MWh	56																
<b>Kütuste maksumused</b>																	
Hakkpuidu maksumus, EUR/MWh	15																
Kerge kütteõli maksumus, EUR/MWh	85																
<b>ORC Turboden T200 Split</b>																	
Katla elektriline võimsus, MW	0,205																
Katla soojuslik võimsus, MW	1,108																
ORC protsessi kadu, MW	0,04																
Katla erimaksumus, MEUR/ MWh	1,35																
Katla kasutegur, %	87																
Muutuvkulud, EUR/MWh	5,5																
Püsikulud, EUR/MWh (sh tööjõukulu)	18000																
Eluiga, aasta	15																
Katla maksumus, MEUR	1,4958																
Elektrienergia toodang MWh	444																
Elektrienergia omakulu 11%	53																
Soojuse toodang MWh	2758																
<b>Õlikatel</b>																	
Katla võimsus, MW	1,10																
Katla erimaksumus, MEUR/ MW	0,07																
Katla kasutegur, %	90																
Muutuvkulud, EUR/MWh	4																
Püsikulud, EUR/MWh	3500																
Eluiga, aasta	15																
Katla maksumus, MEUR	0,077																
Toodang MWh	193																
<b>Toetus</b>																	
Taastuenergia tasu, EUR/MWh	53,7																
Periood, aasta	12																
Oodatud tulumäär või WACC, %	5,55%																
Soojuse maksumus, EUR/MWh	53,86																
Elektrienergia maksumus, EUR/MWh	33,06																
<b>IRR</b>	-2,1%																
<b>NPV, EUR</b>	-671 382 €																
<b>Aasta</b>																	
<b>Investeeringud</b>																	
ORC Turboden T200 Split																	
Investeering, EUR	1 495 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Õlikatel</b>																	
Investeering, EUR	77 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Muud investeeringud</b>																	
Investeering, EUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Investeeringud kokku, EUR</b>	<b>1 572 800</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Kulud</b>																	
ORC Turboden T200 Split																	
Puiduhake kulu, EUR		46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	46 747	
Muutuvkulu, EUR		15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	15 169	
Püsikulu, EUR		19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	
<b>Õlikatel</b>																	
Õli kului kulu, EUR		18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	18 017	
Muutuvkulu, EUR		771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	
Püsikulu, EUR		3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	3 850	
<b>Muud kulud</b>																	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Kulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	<b>104 498</b>	
<b>Tulud</b>																	
Soojuse müük, EUR	0	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	158 922	
Elektri müük, EUR		12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	12 915	
Taastuenergiatootus, EUR		17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	17 832	
<b>Tulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>189 670</b>	<b>171 838</b>	<b>171 838</b>	<b>171 838</b>
<b>Rahavoog, EUR</b>	<b>-1 572 800</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>85 172</b>	<b>67 340</b>	<b>67 340</b>	<b>67 340</b>
<b>Kumulatiivne rahavoog, EUR</b>	<b>-1 402 457</b>	<b>-1 317 285</b>	<b>-1 232 114</b>	<b>-1 146 942</b>	<b>-1 061 770</b>	<b>-976 599</b>	<b>-891 427</b>	<b>-806 256</b>	<b>-721 084</b>	<b>-635 913</b>	<b>-550 741</b>	<b>-465 569</b>	<b>-398 230</b>	<b>-330 890</b>	<b>-263 550</b>	<b>-263 550</b>	

### L.3. Väike-Maarja kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden T200 split rakendamisel

		Päevade arv, (allikas, Eesti kraadpäevad)	Kogu soojuse väljastus	ORC Turboden T200 split		Õlikatel		
tv, °C	Võimsus, MW		Soojuslik võimsus, MW	Toodang, MWh	Soojuslik võimsus, MW	Toodang, MWh		
<b>ORC Turboden T200 split</b>		-24	0,8	2,03	1,11	21,27	0,92	17,67
Soojuslik võimsus, MW	<b>1,108</b>	-23	1,0	2,06	1,11	5,32	0,95	4,55
Minimaalne töökoormus, %	<b>20</b>	-22	1,3	2,01	1,11	7,98	0,90	6,47
Minimaalne töökoormus, MW	<b>0,22</b>	-21	1,6	1,96	1,11	7,98	0,85	6,10
Toodang, MWh	<b>5160</b>	-20	2,2	1,91	1,11	15,96	0,80	11,50
Toodang,%	<b>90,55</b>	-19	2,7	1,86	1,11	13,30	0,75	8,99
<b>Õlikatel</b>		-18	3,7	1,81	1,11	26,59	0,70	16,78
Soojuslik võimsus, MW	<b>0,95</b>	-17	4,7	1,76	1,11	26,59	0,65	15,56
Toodang, MWh	<b>539</b>	-16	6,0	1,71	1,11	34,57	0,60	18,68
Toodang,%	<b>9,45</b>	-15	7,5	1,66	1,11	39,89	0,55	19,76
		-14	10,0	1,61	1,11	66,48	0,50	29,95
		-13	12,5	1,56	1,11	66,48	0,45	26,90
		-12	15,3	1,51	1,11	74,46	0,40	26,78
		-11	17,8	1,46	1,11	66,48	0,35	20,86
		-10	21,2	1,41	1,11	90,41	0,30	24,31
		-9	26,3	1,36	1,11	135,62	0,25	30,25
		-8	31,7	1,31	1,11	143,60	0,20	25,58
		-7	37,9	1,26	1,11	164,87	0,15	21,96
		-6	44,7	1,21	1,11	180,83	0,10	15,97
		-5	53,3	1,15	1,11	228,69	0,05	9,70
		-4	62,2	1,11	1,11	236,08	0,00	0,00
		-3	72,3	1,06	1,06	256,11	0,00	0,00
		-2	83,6	1,01	1,01	273,64	0,00	0,00
		-1	97,5	0,96	0,96	320,74	0,00	0,00
		0	113,1	0,91	0,91	342,15	0,00	0,00
		1	133,5	0,87	0,87	424,68	0,00	0,00
		2	151,1	0,82	0,82	346,30	0,00	0,00
		3	164,0	0,77	0,77	239,10	0,00	0,00
		4	174,9	0,73	0,73	189,87	0,00	0,00
		5	186,0	0,68	0,68	180,69	0,00	0,00
		6	196,6	0,63	0,63	160,45	0,00	0,00
		7	207,3	0,58	0,58	149,75	0,00	0,00
		8	218,4	0,54	0,54	142,68	0,00	0,00
		9	230,4	0,49	0,49	140,55	0,00	0,00
		10	240,9	0,44	0,44	110,99	0,00	0,00
		11	253,4	0,39	0,39	117,86	0,00	0,00
		12	266,8	0,35	0,35	111,05	0,00	0,00
		13	280,6	0,11	0,00	0,00	0,11	35,61
		14	295,7	0,11	0,00	0,00	0,11	38,96
		15	311,4	0,11	0,00	0,00	0,11	40,51
		16	325,7	0,11	0,00	0,00	0,11	36,90
		17	336,7	0,11	0,00	0,00	0,11	28,38
		18	345,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		19	344,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		20	351,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		21	357	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		22	361	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		23	363	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		24	365	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## L.4. Väike-Maarja koostootmisjaama rahavood Turboden T200 split rakendamisel

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Üldandmed</b>																
Maksimaalne väljastusvõimsus, MW	3,31															
Õlikatla vajalik minimaalne võimsus, MW	0,95															
Sooja vee soojendamise, MWh	0															
Kütuste maksumused																
Hakppuidu maksumus, EUR/MWh	15															
Kerge kütteõli maksumus, EUR/MWh	85															
<b>ORC Turboden T200 Split</b>																
Katla elektriline võimsus, MW	0,205															
Katla soojuslik võimsus, MW	1,108															
ORC protsessi kadu, MW	0,04															
Katla erimaksumus, MEUR/ MWh	1,35															
Katla kasutegur, %	87															
Muutuvkulud, EUR/MWh	5,5															
Püsikulud, EUR/MWh (sh tööjõukulu)	18000															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	1,4958															
Elektrienergia toodang MWh	831															
Elektrienergia omakulu 11%	100															
Soojuse toodang MWh	5160															
<b>Õlikatel</b>																
Katla võimsus, MW	2,20															
Katla erimaksumus, MEUR/ MW	0,07															
Katla kasutegur, %	90															
Muutuvkulud, EUR/MWh	4															
Püsikulud, EUR/MWh	3500															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	0,154															
Toodang MWh	539															
<b>Toetus</b>																
Taastuenergiatasu, EUR/MWh	53,7															
Periood, aasta	12															
Oodatud tulumäär või WACC, %	5,55%															
Soojuse maksumus, EUR/MWh	53,86															
Elektrienergia maksumus, EUR/MWh	33,06															
<b>IRR</b>	6%															
<b>NPV, EUR</b>	58 617 €															
<b>Aasta</b>																
<b>Investeeringud</b>																
ORC Turboden T200 Split																
Investeering, EUR	1 495 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Õlikatel																
Investeering, EUR	154 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muud investeeringud																
Investeering, EUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Investeeringud kokku, EUR</b>	<b>1 649 800</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Kulud</b>																
ORC Turboden T200 Split																
Puiduhake kulu, EUR		87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463	87 463
Muutuvkulu, EUR		28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380	28 380
Püsikulu, EUR		19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944	19 944
Õlikatel																
Õli kului kulu, EUR		50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366	50 366
Muutuvkulu, EUR		2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155	2 155
Püsikulu, EUR		7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700
Muud kulud																
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>	<b>196 008</b>
<b>Tulud</b>																
Soojuse müük, EUR	0	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933
Elektri müük, EUR		24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164	24 164
Taastuenergiatoetus, EUR		33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363	33 363
<b>Tulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>364 460</b>	<b>331 097</b>	<b>331 097</b>
<b>Rahavoog, EUR</b>	<b>-1 649 800</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>168 452</b>	<b>135 089</b>	<b>135 089</b>
<b>Kumulatiivne rahavoog, EUR</b>	<b>-1 312 896</b>	<b>-1 144 444</b>	<b>-975 992</b>	<b>-807 539</b>	<b>-639 087</b>	<b>-470 635</b>	<b>-302 183</b>	<b>-133 731</b>	<b>34 721</b>	<b>203 173</b>	<b>371 625</b>	<b>540 078</b>	<b>675 167</b>	<b>810 256</b>	<b>945 345</b>	<b>1 080 434</b>



## L.5. Väike-Maarja kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden 3 CHP rakendamisel

		tv, °C	Päevade arv, (allikas, Eesti kraadpäevad)	Kogu soojuse väljastus	ORC Turboden 3 CHP		Õlikatel	
				Võimsus, MW	Soojuslik võimsus, MW	Toodang, MWh	Soojuslik võimsus, MW	Toodang, MWh
<b>ORC Turboden 3 CHP</b>		-24	0,8	2,03	1,51	28,90	0,52	10,05
Soojuslik võimsus, MW	1,505	-23	1,0	2,06	1,51	7,22	0,55	2,65
Minimaalne töökoormus, %	20	-22	1,3	2,01	1,51	10,84	0,50	3,61
Minimaalne töökoormus, MW	0,30	-21	1,6	1,96	1,51	10,84	0,45	3,24
Toodang, MWh	5454	-20	2,2	1,91	1,51	21,67	0,40	5,79
Toodang, %	95,71	-19	2,7	1,86	1,51	18,06	0,35	4,22
<b>Õlikatel</b>		-18	3,7	1,81	1,51	36,12	0,30	7,26
Soojuslik võimsus, MW	0,55	-17	4,7	1,76	1,51	36,12	0,25	6,03
Toodang, MWh	244	-16	6,0	1,71	1,51	46,96	0,20	6,29
Toodang, %	4,29	-15	7,5	1,66	1,51	54,18	0,15	5,47
		-14	10,0	1,61	1,51	90,30	0,10	6,13
		-13	12,5	1,56	1,51	90,30	0,05	3,08
		-12	15,3	1,51	1,51	101,14	0,00	0,11
		-11	17,8	1,46	1,46	87,34	0,00	0,00
		-10	21,2	1,41	1,41	114,73	0,00	0,00
		-9	26,3	1,36	1,36	165,86	0,00	0,00
		-8	31,7	1,31	1,31	169,17	0,00	0,00
		-7	37,9	1,26	1,26	186,83	0,00	0,00
		-6	44,7	1,21	1,21	196,79	0,00	0,00
		-5	53,3	1,15	1,15	238,39	0,00	0,00
		-4	62,2	1,11	1,11	236,08	0,00	0,00
		-3	72,3	1,06	1,06	256,11	0,00	0,00
		-2	83,6	1,01	1,01	273,64	0,00	0,00
		-1	97,5	0,96	0,96	320,74	0,00	0,00
		0	113,1	0,91	0,91	342,15	0,00	0,00
		1	133,5	0,87	0,87	424,68	0,00	0,00
		2	151,1	0,82	0,82	346,30	0,00	0,00
		3	164,0	0,77	0,77	239,10	0,00	0,00
		4	174,9	0,73	0,73	189,87	0,00	0,00
		5	186,0	0,68	0,68	180,69	0,00	0,00
		6	196,6	0,63	0,63	160,45	0,00	0,00
		7	207,3	0,58	0,58	149,75	0,00	0,00
		8	218,4	0,54	0,54	142,68	0,00	0,00
		9	230,4	0,49	0,49	140,55	0,00	0,00
		10	240,9	0,44	0,44	110,99	0,00	0,00
		11	253,4	0,39	0,39	117,86	0,00	0,00
		12	266,8	0,35	0,35	111,05	0,00	0,00
		13	280,6	0,11	0,00	0,00	0,11	35,61
		14	295,7	0,11	0,00	0,00	0,11	38,96
		15	311,4	0,11	0,00	0,00	0,11	40,51
		16	325,7	0,11	0,00	0,00	0,11	36,90
		17	336,7	0,11	0,00	0,00	0,11	28,38
		18	345,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		19	344,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		20	351,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		21	357	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		22	361	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		23	363	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		24	365	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## L.6. Väike-Maarja koostootmisjaama rahavood Turboden 3 CHP rakendamisel

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Üldandmed</b>																
Maksimaalne väljastusvõimsus, MW	3,71															
Õlikatla vajalik minimaalne võimsus, MW	0,55															
Sooja vee soojendamise, MWh	0															
<b>Kütuste maksumused</b>																
Hakkpuidu maksumus, EUR/MWh	15															
Kerge kütteõli maksumus, EUR/MWh	85															
<b>ORC Turboden 3 CHP</b>																
Katla elektriiline võimsus, MW	0,3															
Katla soojuslik võimsus, MW	1,505															
ORC protsessi kadu, MW	0,04															
Katla erimaksumus, MEUR/ MWh	1,35															
Katla kasutegur, %	87															
Muutuvkulud, EUR/MWh	5,5															
Püsikulud, EUR/MWh (sh tööjõukulu)	18000															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	2,03															
Elektrienergia toodang MWh	946															
Elektrienergia omakulu 11%	114															
Soojuse toodang MWh	5454															
<b>Õlikatel</b>																
Katla võimsus, MW	2,20															
Katla erimaksumus, MEUR/ MW	0,07															
Katla kasutegur, %	90															
Muutuvkulud, EUR/MWh	4															
Püsikulud, EUR/MWh	3500															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	0,154															
Toodang MWh	244															
<b>Toetus</b>																
Taastuenergiatasu, EUR/MWh	53,7															
Periood, aasta	12															
Oodatud tulumäär või WACC, %	5,55%															
Soojuse maksumus, EUR/MWh	53,86															
Elektrienergia maksumus, EUR/MWh	33,06															
<b>IRR</b>	4%															
<b>NPV, EUR</b>	-228 461 €															
<b>Aasta</b>																
<b>Investeeringud</b>																
ORC Turboden 3 CHP																
Investeering, EUR	2 031 750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Õlikatel</b>																
Investeering, EUR	154 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Muud investeeringud</b>																
Investeering, EUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Investeeringud kokku, EUR</b>	<b>2 185 750</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Kulud</b>																
ORC Turboden 3 CHP																
Puiduhake kulu, EUR		92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453	92 453
Muutuvkulu, EUR		29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999	29 999
Püsikulu, EUR		27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090
<b>Õlikatel</b>																
Õli kului kulu, EUR		22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840	22 840
Muutuvkulu, EUR		977	977	977	977	977	977	977	977	977	977	977	977	977	977	977
Püsikulu, EUR		7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700
<b>Muud kulud</b>																
Kulu, EUR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>	<b>181 059</b>
<b>Tulud</b>																
Soojuse müük, EUR		0	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933	306 933
Elektri müük, EUR			27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519	27 519
Taastuenergiatoetus, EUR			37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995	37 995
<b>Tulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>372 448</b>	<b>334 453</b>	<b>334 453</b>
<b>Rahavoog, EUR</b>	<b>-2 185 750</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>191 388</b>	<b>153 393</b>	<b>153 393</b>	<b>153 393</b>
<b>Kumulatiivne rahavoog, EUR</b>	<b>-1 802 973</b>	<b>-1 611 585</b>	<b>-1 420 196</b>	<b>-1 228 808</b>	<b>-1 037 419</b>	<b>-846 031</b>	<b>-654 643</b>	<b>-463 254</b>	<b>-271 866</b>	<b>-80 477</b>	<b>110 911</b>	<b>302 300</b>	<b>455 693</b>	<b>609 086</b>	<b>762 479</b>	<b>915 872</b>

## L.7. Aseri kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden 3 CHP rakendamisel

	Päevade arv, (allikas, Eesti kraadpäevad)	Kogu soojuse väljastus	ORC Turboden 3 CHP		Õlikatel		
			Võimsus, MW	Soojuslik võimsus, MW	Toodang, MWh	Soojuslik võimsus, MW	Toodang, MWh
<b>ORC Turboden 3 CHP</b>	-24	0,8	2,70	1,51	28,90	1,19	22,90
Soojuslik võimsus, MW	-23	1,0	2,68	1,51	7,22	1,18	5,65
Minimaalne töökoormus, %	-22	1,3	2,62	1,51	10,84	1,11	8,00
Minimaalne töökoormus, MW	-21	1,6	2,55	1,51	10,84	1,04	7,52
Toodang, MWh	-20	2,2	2,48	1,51	21,67	0,98	14,10
Toodang,%	-19	2,7	2,42	1,51	18,06	0,91	10,96
<b>Õlikatel</b>	-18	3,7	2,35	1,51	36,12	0,85	20,34
Soojuslik võimsus, MW	-17	4,7	2,29	1,51	36,12	0,78	18,73
Toodang, MWh	-16	6,0	2,22	1,51	46,96	0,71	22,30
Toodang,%	-15	7,5	2,15	1,51	54,18	0,65	23,35
	-14	10,0	2,09	1,51	90,30	0,58	34,96
	-13	12,5	2,02	1,51	90,30	0,52	30,96
	-12	15,3	1,95	1,51	101,14	0,45	30,24
	-11	17,8	1,89	1,51	90,30	0,38	23,00
	-10	21,2	1,82	1,51	122,81	0,32	25,89
	-9	26,3	1,76	1,51	184,21	0,25	30,67
	-8	31,7	1,69	1,51	195,05	0,18	23,93
	-7	37,9	1,62	1,51	223,94	0,12	17,65
	-6	44,7	1,56	1,51	245,62	0,05	8,59
	-5	53,3	1,49	1,49	307,73	0,00	0,00
	-4	62,2	1,42	1,42	304,37	0,00	0,00
	-3	72,3	1,36	1,36	329,59	0,00	0,00
	-2	83,6	1,30	1,30	351,24	0,00	0,00
	-1	97,5	1,23	1,23	410,52	0,00	0,00
	0	113,1	1,17	1,17	436,56	0,00	0,00
	1	133,5	1,10	1,10	539,63	0,00	0,00
	2	151,1	1,04	1,04	438,29	0,00	0,00
	3	164,0	0,97	0,97	301,26	0,00	0,00
	4	174,9	0,91	0,91	237,85	0,00	0,00
	5	186,0	0,84	0,84	225,02	0,00	0,00
	6	196,6	0,78	0,78	198,46	0,00	0,00
	7	207,3	0,72	0,72	183,76	0,00	0,00
	8	218,4	0,65	0,65	173,43	0,00	0,00
	9	230,4	0,59	0,59	168,90	0,00	0,00
	10	240,9	0,52	0,52	131,52	0,00	0,00
	11	253,4	0,46	0,46	137,20	0,00	0,00
	12	266,8	0,39	0,39	126,32	0,00	0,00
	13	280,6	0,07	0,00	0,00	0,07	23,18
	14	295,7	0,07	0,00	0,00	0,07	25,37
	15	311,4	0,07	0,00	0,00	0,07	26,38
	16	325,7	0,07	0,00	0,00	0,07	24,02
	17	336,7	0,07	0,00	0,00	0,07	18,48
	18	345,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	19	344,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	20	351,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	357	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	22	361	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	363	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	24	365	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## L.8. Aseri koostootmisjaama rahavood Turboden 3 CHP rakendamisel

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Üldandmed</b>																
Maksimaalne väljastusvõimsus, MW	4,21															
Õlikatla vajalik minimaalne võimsus, MW	1,19															
Sooja vee soojendamise, MWh	0															
<b>Kütuste maksumused</b>																
Hakkpuidu maksumus, EUR/MWh	15															
Kerge kütteõli maksumus, EUR/MWh	85															
<b>ORC Turboden 3 CHP</b>																
Katla elektriline võimsus, MW	0,3															
Katla soojuslik võimsus, MW	1,505															
ORC protsessi kadu, MW	0,04															
Katla erimaksumus, MEUR/ MWh	1,35															
Katla kasutegur, %	87															
Muutvkulud, EUR/MWh	5,5															
Püsikulud, EUR/MWh (sh tööjõukulu)	18000															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	2,03															
Elektrienergia toodang MWh	1147															
Elektrienergia omakulu 11%	138															
Soojuse toodang MWh	6616															
<b>Õlikatel</b>																
Katla võimsus, MW	2,70															
Katla erimaksumus, MEUR/ MW	0,07															
Katla kasutegur, %	90															
Muutvkulud, EUR/MWh	4															
Püsikulud, EUR/MWh	3500															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	0,189															
Toodang MWh	497															
<b>Toetus</b>																
Taastuenergiatasu, EUR/MWh	53,7															
Periood, aasta	12															
Oodatud tulumäär või WACC, %	5,55%															
Soojuse maksumus, EUR/MWh	53,86															
Elektrienergia maksumus, EUR/MWh	33,06															
<b>IRR</b>	6%															
<b>NPV, EUR</b>	100 121 €															
<b>Aasta</b>																
<b>Investeeringud</b>																
ORC Turboden 3 CHP																
Investeering, EUR	2 031 750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Õlikatel</b>																
Investeering, EUR	189 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Muud investeeringud</b>																
Investeering, EUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Investeeringud kokku, EUR</b>	2 220 750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kulud</b>																
ORC Turboden 3 CHP																
Puiduhake kulu, EUR		112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145	112 145
Muutvkuulu, EUR		36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389	36 389
Püsikulu, EUR		27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090	27 090
<b>Õlikatel</b>																
Õli kului kulu, EUR		46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487	46 487
Muutvkuulu, EUR		1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989
Püsikulu, EUR		9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450
<b>Muud kulud</b>																
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kulud kokku, EUR</b>	0	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550	233 550
<b>Tulud</b>																
Soojuse müük, EUR	0	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128
Elektri müük, EUR		33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381	33 381
Taastuenergiatoetus, EUR		46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088	46 088
<b>Tulud kokku, EUR</b>	0	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	462 598	416 509	416 509	416 509
<b>Rahavoog, EUR</b>	-2 220 750	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	229 048	182 960	182 960	182 960
<b>Kumulatiivne rahavoog, EUR</b>		-1 762 654	-1 533 606	-1 304 558	-1 075 510	-846 462	-617 414	-388 366	-159 318	69 730	298 778	527 826	756 874	939 833	1 122 793	1 305 753

## L.9. Aseri kaugkütte võrgu tarbeks väljastatava soojuse kogus viiduna baasaastele Turboden 4 CHP split rakendamisel

		Päevade arv, tv, °C (allikas, Eesti kraadpäevad)	Kogu soojuse väljastus	ORC Turboden 4 CHP split		Õlikatel		
			Võimsus, MW	Soojuslik võimsus, s, MW	Toodang, MWh	Soojuslik võimsus, s, MW	Toodang, MWh	
<b>ORC Turboden 4 CHP split</b>		-24	0,8	2,70	1,84	35,40	0,85	16,39
Soojuslik võimsus, MW	<b>1,844</b>	-23	1,0	2,68	1,84	8,85	0,84	4,02
Minimaalne töökoormus, %	<b>20</b>	-22	1,3	2,62	1,84	13,28	0,77	5,56
Minimaalne töökoormus, M	<b>0,37</b>	-21	1,6	2,55	1,84	13,28	0,71	5,08
Toodang, MWh	<b>6868</b>	-20	2,2	2,48	1,84	26,55	0,64	9,22
Toodang, %	<b>96,55</b>	-19	2,7	2,42	1,84	22,13	0,57	6,89
<b>Õlikatel</b>		-18	3,7	2,35	1,84	44,26	0,51	12,20
Soojuslik võimsus, MW	<b>0,85</b>	-17	4,7	2,29	1,84	44,26	0,44	10,60
Toodang, MWh	<b>246</b>	-16	6,0	2,22	1,84	57,53	0,38	11,72
Toodang, %	<b>3,45</b>	-15	7,5	2,15	1,84	66,38	0,31	11,15
		-14	10,0	2,09	1,84	110,64	0,24	14,62
		-13	12,5	2,02	1,84	110,64	0,18	10,62
		-12	15,3	1,95	1,84	123,92	0,11	7,46
		-11	17,8	1,89	1,84	110,64	0,04	2,66
		-10	21,2	1,82	1,82	148,70	0,00	0,00
		-9	26,3	1,76	1,76	214,89	0,00	0,00
		-8	31,7	1,69	1,69	218,97	0,00	0,00
		-7	37,9	1,62	1,62	241,60	0,00	0,00
		-6	44,7	1,56	1,56	254,21	0,00	0,00
		-5	53,3	1,49	1,49	307,73	0,00	0,00
		-4	62,2	1,42	1,42	304,37	0,00	0,00
		-3	72,3	1,36	1,36	329,59	0,00	0,00
		-2	83,6	1,30	1,30	351,24	0,00	0,00
		-1	97,5	1,23	1,23	410,52	0,00	0,00
		0	113,1	1,17	1,17	436,56	0,00	0,00
		1	133,5	1,10	1,10	539,63	0,00	0,00
		2	151,1	1,04	1,04	438,29	0,00	0,00
		3	164,0	0,97	0,97	301,26	0,00	0,00
		4	174,9	0,91	0,91	237,85	0,00	0,00
		5	186,0	0,84	0,84	225,02	0,00	0,00
		6	196,6	0,78	0,78	198,46	0,00	0,00
		7	207,3	0,72	0,72	183,76	0,00	0,00
		8	218,4	0,65	0,65	173,43	0,00	0,00
		9	230,4	0,59	0,59	168,90	0,00	0,00
		10	240,9	0,52	0,52	131,52	0,00	0,00
		11	253,4	0,46	0,46	137,20	0,00	0,00
		12	266,8	0,39	0,39	126,32	0,00	0,00
		13	280,6	0,07	0,00	0,00	0,07	23,18
		14	295,7	0,07	0,00	0,00	0,07	25,37
		15	311,4	0,07	0,00	0,00	0,07	26,38
		16	325,7	0,07	0,00	0,00	0,07	24,02
		17	336,7	0,07	0,00	0,00	0,07	18,48
		18	345,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		19	344,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		20	351,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		21	357	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		22	361	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		23	363	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		24	365	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## L.10 Aseri koostootmisjaama rahavood Turboden 4 CHP split rakendamisel

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Üldandmed</b>																
Maksimaalne väljastusvõimsus, MW	4,54															
Õlikatla vajalik minimaalne võimsus, MW	0,85															
Sooja vee soojendamise, MWh	0															
<b>Kütuste maksumused</b>																
Hakkpuidu maksumus, EUR/MWh	15															
Kerge kütteõli maksumus, EUR/MWh	85															
<b>ORC Turboden 4 CHP split</b>																
Katla elektriline võimsus, MW	0,424															
Katla soojuslik võimsus, MW	1,844															
ORC protsessi kadu, MW	0,04															
Katla erimaksumus, MEUR/ MWh	1,35															
Katla kasutegur, %	87															
Muutuvkulud, EUR/MWh	5,5															
Püsikulud, EUR/MWh (sh tööjõukulu)	18000															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	2,49															
Elektrienergia tootang MWh	1374															
Elektrienergia omakulu 11%	165															
Soojuse tootang MWh	6868															
<b>Õlikatel</b>																
Katla võimsus, MW	2,70															
Katla erimaksumus, MEUR/ MW	0,07															
Katla kasutegur, %	90															
Muutuvkulud, EUR/MWh	4															
Püsikulud, EUR/MWh	3500															
Eluiga, aasta	15															
Katla maksumus, MEUR	0,189															
Tootang MWh	246															
<b>Toetus</b>																
Taastuenergiatasu, EUR/MWh	53,7															
Periood, aasta	12															
<b>Oodatud tulumäär või WACC, %</b>	5,55%															
Soojuse maksumus, EUR/MWh	53,86															
Elektrienergia maksumus, EUR/MWh	33,06															
<b>IRR</b>	5%															
<b>NPV, EUR</b>	-63 844 €															
<b>Aasta</b>																
<b>Investeeringud</b>																
ORC Turboden 4 CHP split																
Investeering, EUR	2 489 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Õlikatel</b>																
Investeering, EUR	189 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Muud investeeringud</b>																
Investeering, EUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Investeeringud kokku, EUR</b>	<b>2 678 400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Kulud</b>																
ORC Turboden 4 CHP split																
Puiduhake kulu, EUR		116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409	116 409
Muutuvkulu, EUR		37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773	37 773
Püsikulu, EUR		33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192	33 192
<b>Õlikatel</b>																
Õli kului kulu, EUR		22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966	22 966
Muutuvkulu, EUR		982	982	982	982	982	982	982	982	982	982	982	982	982	982	982
Püsikulu, EUR		9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450	9 450
<b>Muud kulud</b>																
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>	<b>220 772</b>
<b>Tulud</b>																
Soojuse müük, EUR	0	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128	383 128
Elektri müük, EUR		39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969	39 969
Taastuenergiatoetus, EUR		55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184	55 184
<b>Tulud kokku, EUR</b>	<b>0</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>478 282</b>	<b>423 098</b>	<b>423 098</b>
<b>Rahavoog, EUR</b>	<b>-2 678 400</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>257 510</b>	<b>202 325</b>	<b>202 325</b>	<b>202 325</b>
<b>Kumulatiivne rahavoog, EUR</b>	<b>-2 678 400</b>	<b>-1 905 871</b>	<b>-1 648 361</b>	<b>-1 390 851</b>	<b>-1 133 341</b>	<b>-875 831</b>	<b>-618 322</b>	<b>-360 812</b>	<b>-103 302</b>	<b>154 208</b>	<b>411 718</b>	<b>669 228</b>	<b>871 553</b>	<b>1 073 878</b>	<b>1 276 204</b>	<b>1 478 528</b>