



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Energiatehnoloogia instituut

**TOETUSMEETMETE MÕJU PUIDUL
PÕHINEVATELE KOOSTOOTMISJAAMADELE**

**IMPACT OF SUPPORT MEASURES ON TIMBER-BASED
COGENERATION PLANTS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Karol Meerja
Üliõpilaskood: 183297MASM
Juhendaja: Eduard Latõšov, dotsent

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.

14.01.2021

Autor: Karol Meerja

/allkirjastatud digitaalselt/

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

14.01.2021

Juhendaja: Eduard Latõšov

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaitsmisele lubatud.

__.01.2021

Kaitsmiskomisjoni esimees:

/allkirjastatud digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Karol Meerja (sünnikuupäev: 18.08.1995)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Toetusmeetmete mõju puidul põhinevatele koostootmisjaamadele, mille juhendaja on Eduard Latõšov.

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

14.01.2021

Energiatehnoloogia instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Karol Meerja, 183297MASM

Õppekava, peeriala: MASM02/18 - Energiatehnoloogia ja soojusenergeetika

Juhendaja: Eduard Latõšov, dotsent, 620 3908

Lõputöö teema:

Toetusmeetmete mõju puidul põhinevatele koostootmisjaamadele

Impact of Support Measures on Timber-Based Cogeneration Plants

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Eesti soojusetoodangu ja tarbimismahtude uurimine;
2. Koostootmisjaamade tehniliste ja majanduslike seoste loomine;
3. Elektrihinna leidmine vastavalt võrgupiirkonna tarbimisele ja koostootmisjaama parameetritele.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa uurimine ja kirjutamine	15.12.2020
2.	Andmebaasi koostamine, arvutuste tegemine, tulemuste analüüsimine	05.01.2021
3.	Lõputöö kirjutamine, vormistamine	12.01.2021

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg:

14.01.2021

Üliõpilane: Karol Meerja /allkirjastatud digitaalselt/
14.01.2021

Juhendaja: Eduard Latõšov /allkirjastatud digitaalselt/
14.01.2021

SISUKORD

EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1. ENERGIAPOLIITIKA EESMÄRGID	9
1.1 EL Energia ja kliimapakett 2020.....	9
1.2 EL Energia ja kliimapakett 2030.....	9
1.3 Euroopa Liidu „Energia tegevuskava aastani 2050“	10
1.4 Eesti energiamajanduse visioon aastaks 2050	11
2. SOOJUSEENERGIA TOOTMINE JA TARBIMINE EESTIS	12
2.1 Tootmine	12
2.2 Tarbimine	14
3. KOOSTOOTMINE	16
3.1 Koostootmise protsess.....	16
3.2 Auruturbiin.....	17
3.3 Koostootmine Eestis	21
3.4 Koostootmise potentsiaal Eestis	23
3.5 Koostootmisjaamade näitajad.....	25
4. TAASTUVENERGIA TASUD JA TOETUSED	26
5. KOOSTOOTMISJAAMADE KASUTAMISE OTSTARBEKUSE HINNANG EESTIS	29
5.1 Tarbija iseloomustus	31
5.2 Koostootmisjaama tehnilised näitajad.....	32
5.3 Koostootmisjaama majanduslikud näitajad.....	34
5.4 Energiatootmise profiil.....	36
5.5 Kulud	37
5.6 Tulud	39
5.7 Rahavoogude prognoos, IRR	39
5.8 Elektri tootmisega kaasnevate tulude leidmine	39
6. TULEMUSED JA ANALÜÜS	41
KOKKUVÕTE	43
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	45
LISAD	49
Lisa 1 Koostootmisjaamade andmebaas	49
Lisa 2 Tarbimise soojuskoormuse kestvusgraafikud soojustarbimisega 30 000 MWh, 50 000 MWh, 75 000 MWh, 100 000 MWh, 150 000 MWh, 200 000 MWh ning 300 000 MWh.....	51
Lisa 3 Soojustoodang soojustarbimisega 30 000 MWh, 50 000 MWh, 75 000 MWh, 100 000 MWh, 150 000 MWh, 200 000 MWh ning 300 000 MWh.....	54
SUMMARY.....	58

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema pakkus välja Energiatehnoloogia instituudi dotsent Eduard Latõšov. Lõputöö jaoks vajalik teooria saadi põhiliselt elektroonilistest allikatest. Lõputööd juhendas Eduard Latõšov.

Käesolevas töös uuritakse, kuidas mõjutavad toetusmeetmed puidul põhinevaid koostootmisjaamu. Töö käigus kogutakse andmeid erinevate koostootmisjaamade kohta, luuakse andmebaas ning tehakse arvutused nii tehnilise kui ka majanduslike näitajatega. Töö eesmärk on välja selgitada, mis suurusega koostootmisjaamu peaks toetama ning kui suured peaksid olema nende toetusmeetmed.

Võtmesõnad: elektritoodang, toetusmeetmete mõju, biokütusel põhinevad koostootmisjaamad, koostootmisjaamad, võrgupiirkondade soojustarbimine, magistritöö

SISSEJUHATUS

Euroopa elektri põhivõrguettevõtjate võrgustiku ENTSO-E poolt ettevalmistavast aruandest selgus, et Eestis on 2030. aastaks 800 MW ja võibolla isegi veel vähem juhitavat võimsust. Sama olukord leiab aset ka Leedus, Soomes, Taanis ja Saksamaal, kus tekib võrreldes kodumaise tootmisega elektritarbimise puudujääk. Tootmisvõimsused jäävad tarbimisest suuremaks Lätis, Poolas, Rootsis ja Norras [1].

Eesti taastuvenergeetika potentsiaal on eelkõige bioenergiast baseeruv elektri- ja soojusenergia koostootmine, tuuleenergiast ning biometaanist tootmine. Taastuvenergia kasutamine aitab toetada energiasäästu, tootmise ja tarbimise suuremat efektiivsust, riigi energiajulgeolekut, energiavaldkonna innovatsiooni ja tehnoloogia arengut [2].

Enamik elektritootmisemeetodite puhul tekib paralleelselt elektriga soojus, mis jääb kasutamata ja eraldub auruna jahutustornide kaudu atmosfääri. Selline toimimine aga ei ole efektiivne. Koostootmine lähtub seisukohast, et see aur kõrvalsaadusena ära kasutada ning nii suurendada energiat tootva jaama tootlikkust. Elektritootmise kasutegur Euroopa Liidu soojusjõuseadmetes on 40%. Kui tekkiv soojus ära kasutada, saaks koostootmisjaama üldist kasutegurit tunduvalt suurendada. See, aga tähendab ka seda, et peab olema piisav nõudlus soojusenergia järele, mille tagab kaugküttevõrk või tootmisprotsessi olemasolu [3].

Lõputöö eesmärgiks on välja selgitada, millise suurusega koostootmisjaamasid on Eestisse mõttekas ehitada ning millised peaksid olema vajadusel nende toetusmeetmed, et õigustada investeringuid.

Autor valis antud lõputöö teema, kuna töötab soojus- ja elektrienergiat tootvas ettevõttes ning see teema kõnetas teda. Lõputöö teema on väga aktuaalne, kuna 16.12.2020 kiideti heaks Eesti 450 miljoni euro suurune taastuvenergia toetuskeem, mis kohaldatakse kümneks aastaks. Kava eesmärk on saavutada 2050. aastaks kliimaneutraalsus. Muudatuste kohaselt saavad osaleda vähempakkumistes ka olemasolevad elektrijaamad, kes vähempakkumise võitjana vahetavad osaliselt või täielikult fossiilkütused välja biokütuste vastu. Samuti võimaldavad muudatused korraldada vähempakkumisi näiteks salvestusvõimalusega päikeseelektrijaamade, tuulikuparkide või tootmisvõimsuse reguleerimisvõimalusega koostootmisjaamade rajamiseks [4].

2021. aastal plaanib riik vähempakkumist 500 GWh biomassile ning 450 GWh tehnoloogianeutraalset vähempakkumist. 2023. aastal plaanib riik 650 GWh tehnoloogianeutraalset vähempakkumist [4].

Eestis tarbitakse aastas ligikaudu 6300 GWh soojusenergiat. Kaugküte moodustas sellest 2018. aastal ligi 70% [5]. Eestis toodeti 2019. aastal 9400 GWh soojusenergiat, millest koostootmisjaamades toodetud soojusenergia moodustas 45% [6]. Lõputöös keskendutakse koostootmisjaamadele, mis on elektrilise võimsusega kuni 50 MW ning kus toodetakse elektrit auruturbiini abil.

Esimeses peatükis uuritakse seadusandlust, erinevaid määruseid ja kliimapakette, mis on sätestatud Euroopa Liidu poolt ning mida on Eesti kohustatud täitma. Peatükis antakse veel ülevaade Eesti energiamajanduse visioonist aastaks 2050.

Teises peatükis antakse ülevaade soojusenergia tootmise ja tarbimise kohta Eestis. Lähemalt uuritakse katelseadmete arvu muutumist ajas, nende võimsuseid ning neis kasutatavaid kütuseid.

Kolmandas peatükis käsitletakse koostootmise protsesse, antakse ülevaade koostootmismahitudest ja potentsiaalid Eestis.

Neljandas peatükis antakse ülevaade taastuvenergia tasudest ja toetustest, mida on võimalik energiatootjal taotlema.

Viiendas peatükis on määratud referentstarbijad ning leitud tootmisprofiil vastavatele soojuskoormustele. Seejärel on leitud nii tehnilisi kui ka majanduslike seoseid erinevate koostootmisjaamade parameetrite vahel. Lõpuks on tehtud rahavoogude prognoos, arvatud elektrimüügi hind, mis vastab etteantud nõudmistele ning leitud, kui palju vajab igale soojustarbimisele vastav koostootmisjaam toetust.

Kuuendas peatükis on arvutustulemuste kokkuvõte ning tulemuste analüüs.

Lisas 1 on autori koostatud koostootmisjaamade andmebaas. Neid andmeid on kasutatud 5. peatükis seoste loomisel ning erinevate väärtuse leidmisel. Lisas 2 on välja toodud erinevate soojustarbimistele vastavad kestvusgraafikud. Lisas 3 on soojustoodangute joonised vastavalt soojustarbimistele.

1. ENERGIAPOLIITIKA EESMÄRGID

1.1 EL Energia ja kliimapakett 2020

2009. aastal jõustus Euroopa Liidus kliima- ja energiapakett, millega kindlustati 2020. aastaks seatud kliima- ja energiaalaste eesmärkide täitmine [7].

Pakett sisaldab kolme põhilist eesmärki [8]:

- Vähendada kasvuhoonegaaside heitkogust võrra võrreldes 1990. aastaga 20%;
- Tagada, et 20% energiavajadusest kaetakse taastuvate energiaallikatega;
- Suurendada energiatõhusust 20% võrra.

Eesmärkide täitmiseks on seatud kaks põhilist meetet [8]:

- Heitkogustega kauplemise süsteem (HKS ehk ETS), mis katab 45% Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside heitkogusest. Meetod on kasutusel suurtes käitistes, peamiselt energia ja tööstusenergiasektoris ning ka lennundussektoris.
- Jagatud kohustuse otsus, kuhu kuuluvad heitkogustega kauplemise süsteemi mittekuuluvad sektorid, nagu majapidamised, põllumajandus, jäätmemajandus ja transport. Need sektorid moodustavad umbes 55% Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside heitkogusest. Kõige jõukamad riigid peavad nendes sektorites kasvuhoonegaase heitkoguseid vähendama kuni 20% ning vähem jõukamad riigid ei või oma heitkoguseid suurendada 20%. 2020. aasta eesmärkide kohaselt on Eesti kasvuhoonegaaside suurendamise piiranguks 11%.

1.2 EL Energia ja kliimapakett 2030

„Kliima- ja energiapoliitika raamistik aastani 2030“ võeti vastu Euroopa Liidus 2014. aastal. Euroopa Liit seadis endale 2020-2030 aastateks mitmeid eesmärke. See samm oli ka ettevalmistuseks ja eeskujuks Pariisi kliimaleppe sõlmimiseks, et innustada kõiki teisi UNFCCC-ga liitunud riike [9].

EL Energia ja kliimapaketi kolm põhilist eesmärki [10]:

- Vähendada kasvuhoonegaaside heitkogust 40% võrra võrreldes 1990. aastaga;
- HKS kuuluvates valdkondades vähendada 43% võrreldes 2005. aastaga
- HKS-st väljajäävates valdkondades vähendada heitkogust 30% võrreldes 2005. aastaga.
- Toota 27% energiast taastuvatest energiaallikatest;

- Suurendada energiatõhusust 27% võrra.

Lisaks kliimamuutuste leevendamisele ja nendega kohanemisele on 2030. aastaks ette nähtud tegevuste eesmärkideks [10]:

- Tagada tarbijatele kättesaadava hinnaga elektrienergia;
- Suurendada EL energiajulgeolekut;
- Vähendada energiaallikate importi välisriikidest;
- Luua uusi kasvuvaldkondi ja töökohti;
- Muuta elukeskkonda tervislikumaks,
- Luua investoritele kindlus ELi otsuses liikuda madala süsinikuheitmega majanduse poole;
- Tagada tarbijatele kättesaadava hinnaga elektrienergia.

1.3 Euroopa Liidu „Energia tegevuskava aastani 2050“

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) võttis 05.10.2018 vastu ülemaailmse kliimasoojenemise 1,5°C eriraporti, mille eesmärk oli anda valitsustele signaal, et kasvavate kasvuhoonegaaside tingimustes ei tohiks maailma keskmine temperatuur tõusta üle 1,5°C, võrreldes 1990. aasta heitkogusega. Raport hõlmab heite reaalsel vähendamist ning ei hõlma heitkogusega kauplemist. Eesmärgi saavutamiseks on vaja heitkoguseid vähendada 2030. aastaks 40% ning 2040. aastaks 60%. Eriraporti autoriteks on 91 teadlast 40. riigist.

Raporti järgi on energiasektoril suurim potentsiaal süsinikuheite vähendamiseks. Elektri tootmiseks nähakse ette taastuvaid energiaallikaid või vähese süsinikuheitega energiaallikaid (tuumaenergia või fossiilsetel kütustel põhinev energia koos süsiniku ja talletamise tehnoloogiaga (CCU ja CCS). Samuti panustatakse „tarkade võrkude arendamisse“.

Transpordisektori heitkoguseid plaanitakse vähendada võrreldes 1990. aastaga 60%. Plaan näeb ette bensiini- ja diiselmootoreid muuta ökonoomsemaks ning pikemas plaanis asendada hübriid- ja elektriautodega. Lennunduses ja raskeveokite kütusetarbimises plaanitakse biokütuste osakaalu suurendamist.

Elumajadest ja büroohoonetest tingitud heitkoguseid saab vähendada ligikaudu 90%. Suurimat potentsiaal loodetakse liginullenergiahoone tehnoloogiast, vanade hoonete

energiatõhusamaks renoveerimisest ning fossiilkütuste asendamisest kütmisel, jahutusel ning toidu valmistamisel.

Oodatakse, et energiamahukad tööstusharud panustavad keskkonnasäästlikumatesse ja energiatõhusamatesse tehnoloogiatesse. Tööstusharud, kus heitkoguseid pole võimalik oluliselt vähendada (nt terase-, tsemendi- jms tööstused), peaksid hakkama rakendama süsiniku kogumise ja talletamise tehnoloogiaid.

Raporti järgi põllumajandussektori heitkogused kasvavad, kuna toidunõudlus maailmas kasvab kiiresti. Heitkoguseid peab vähendama väetiste kasutamisel ja loomakasvatuses. Samal ajal peab panustama süsiniku sidumisele muldadesse ja metsadesse [11].

1.4 Eesti energiamajanduse visioon aastaks 2050

Arengukava järgi kasutab Eesti 2050. aastal nii elektri-, soojuse kui transpordisektori jaoks energia tootmiseks peamiselt kodumaised ressursse. Energiasektorist tehtud investeeringud toovad kaasa kohalike fossiilsete primaarkütuste kasutamise efektiivsuse kahekordistumise võrreldes tänaste tasemetega. CO₂ heitmed on vastavalt „Energia tegevuskavale aastani 2050“ sätestatud eesmärkidele vähenenud enam kui 80% (võrreldes 1990. aasta tasemega). Samuti on kohalikku päritolu gaaskütused konkurentsivõimelised ning nende tootmismahud võimaldab vajadusel katta kuni kolmandiku Eesti gaasi kogutarbimisest.

Arengukava järgi on 2050. aastaks Eestist saanud Põhja-Balti regioonis moodsaid ja keskkonnasõbralikke tehnoloogiaid kasutav energiat eksportiv riik. Eesti energeetiline sõltumatus ja selle pikaajaline kindlustamine on energiajulgeoleku peamine alustala.

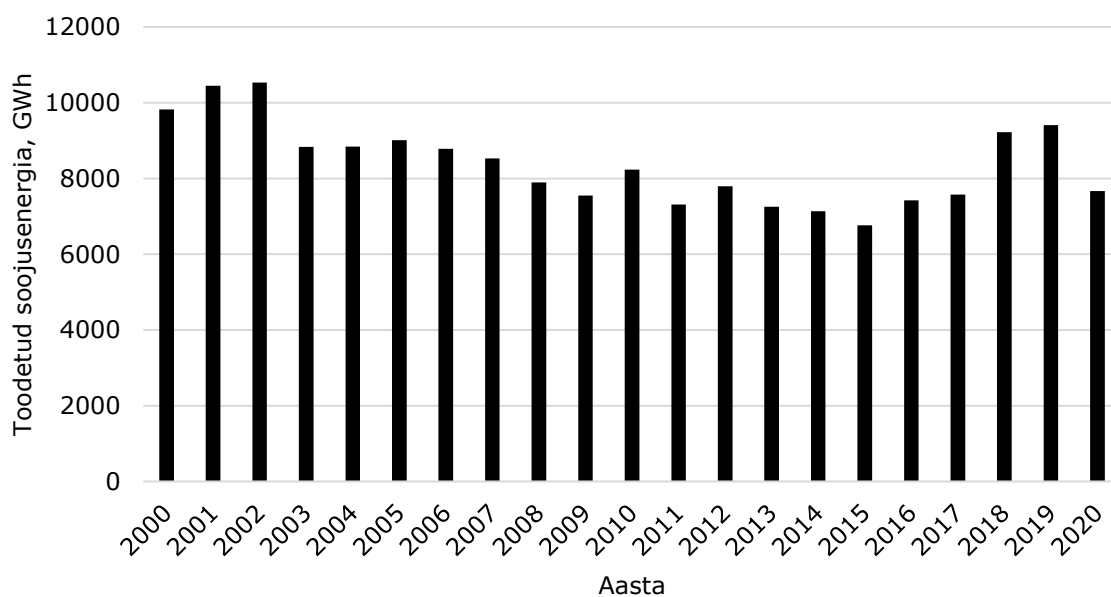
Samuti on Eesti riigil välja töötatud kindel ja pikaajaline visioon, mis hõlmab ressursside omanikupoliitikat ning mis toetab Eesti tööstussektori arengut. Energiaressursside kasutamise eest saadav riigi omanikutulu suunatakse peamiselt jätkusuutliku energiavarustuse edendamisse, kindlustades sellega riigi energeetilise sõltumatuse jätkumise pärast fossiilkütuse varude ammendumist [10].

2. SOOJUSENERGIA TOOTMINE JA TARBIMINE EESTIS

2.1 Tootmine

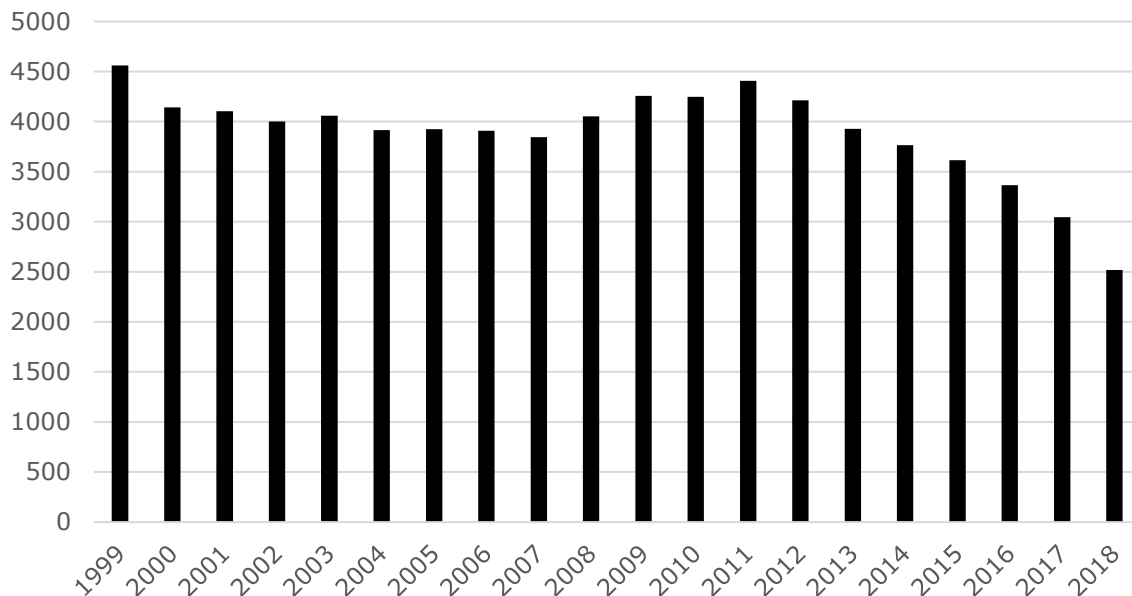
Kaugküttesektoril on oluline osa Eesti taastuveni energiaga seotud eesmärkide saavutamisel. Eestis toodetakse aastas kokku ligikaudu 9000 GWh soojust, millest toodetud soojust jõuab lõpptarbijateni 89%. 11% toodetud soojust moodustavad kaod soojusvõrkudes [12].

Joonisel 2.1 on esitatud soojusenergia tootmine Eestis ajavahemikus 2000-2020. 2002. aastal toodeti rekordiliselt 10533 GWh soojusenergiat ning alates sellest ajast on soojusenergia tootmine üldjoones vähenenud. Erandiks on 2018. ja 2019. aasta, mil toodeti vastavalt 9220 ja 9413 GWh soojust.



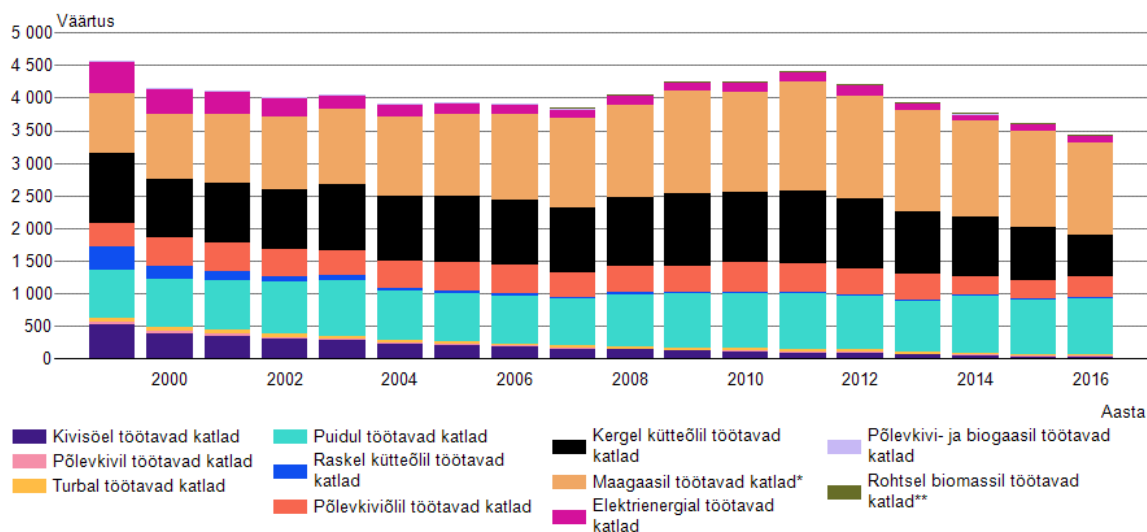
Joonis 2.1 Soojusenergia tootmise areng Eestis [13]

Joonisel 2.2 on esitatud katelde arv Eestis. Katelde arv on alates 1999. aastast Eestis vähenenud. Katelde arv hakkas vaikselt tõusma 2008. aastal, kuid langes siis jälle pärast 2011. aastat. Kui 1999. aasta lõpu seisuga oli katelde arv 4562, siis 2018. aastaks oli selleks arvuks 2519. Katelde arvu vähenemine on tingitud efektiivsematest kateldest ning ka väiksemast soojusvajadusest.



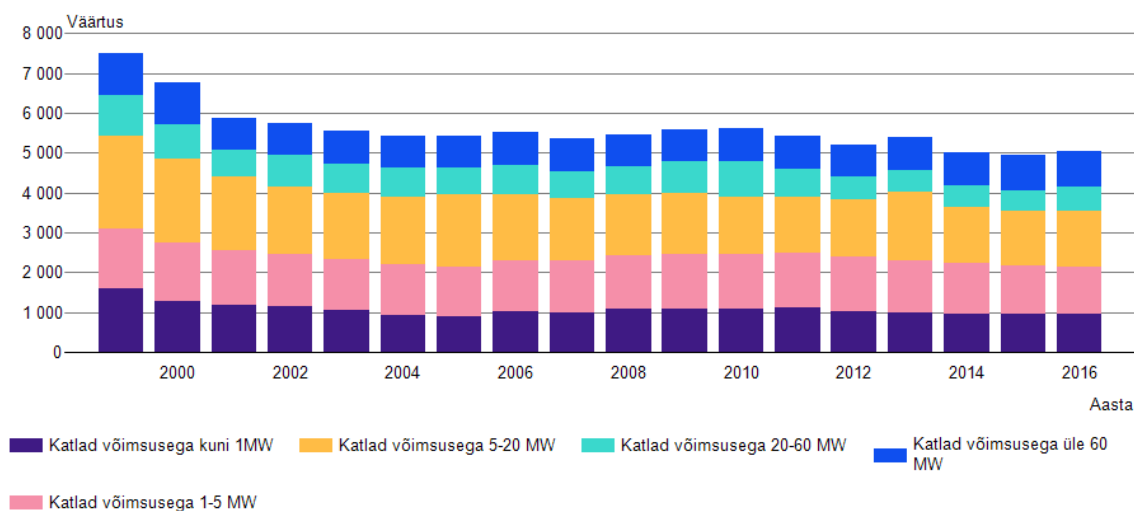
Joonis 2.2 Katelde arv Eestis [14]

Joonisel 2.3 on esitatud katelde arv kütuse liigi järgi aastatel 1999-2016. Kõige enam on Eestis maagaasil töötavaid katlaid, millele järgnevad puidul töötavad katlad. Puidul põhinevate katelde arv on võrreldes 1999. aasta ja 2016. aastaga kasvanud 747-lt 862-ni. Vähenenud on nii kergel kui ka raskel kütteõlil, kivisöel ja elektrienergial töötavate katelde arv. Kergel kütteõlil töötavate katelde arv on vähenenud 1062-lt (1999) 650-le (2016), raskel kütteõlil 359-lt (1999) 12-le (2016), kivisöel 521-lt (1999) 41-ni (2016) ja elektrienergial 480-lt (1999) 106-le (2016).



Joonis 2.3 Katelde arv kütuse liigi järgi [15]

Joonisel 2.4 on esitatud katelde võimsuste muutused ajaperioodil 1999-2016. Kõige enam on Eestis vähenenud alla 1 MW võimsusega katlaid. Kui 1999. aastal oli kuni 1 MW võimsusega katlaid 3648, siis 2016. aastal oli neid 2722. Katelde võimsusega üle 60 MW koguarv on kõikunud vähe – 1999. aastal oli neid 9 ja 2016. aastal 8.



Joonis 2.4 Katelde võimsused aastatel 1999-2016 [15]

Tabelis 2.1 on esitatud 2016-2018 aastate katelde summaarsed võimsused ning toodetud soojusvõimsused. Soojuse tootmine katelseadmetega ei ole aastatel 2016-2018 palju muutunud, aastane toodetud soojus jääb ligikaudu 4500 GWh juurde. Katelde võimsused vähenesid pärast 2017. aastat 5036 MW-lt 3955 MW-le.

Tabel 2.1 Katelde summaarne võimsus ja toodetud soojus [15]

Aasta	Katelde summaarne võimsus	Toodetud soojus
	MW	GWh
2016	5031	4528
2017	5036	4556
2018	3955	4503

2.2 Tarbimine

Kogu aastane soojustarbimine on Eestis alla 6300 GWh, millest 2018. aastal moodustas kaugküte 70% (4400 GWh) [5].

Järgmise 10. aasta jooksul on prognoositud soojusenergia tarbimise vähenemist. Põhjuseks on hoonete soojustamine, parem ehitustehnika ning soojustrasside

rekonstrueerimine, mille käigus vähenevad trassikaod. Samuti väheneb kütteperioodi pikkus seoses termoregulaatorite ning soojustagastusega ventilatsiooni kasutuselevõttuga. Erinevate kaugküttepiirkondade analüüsi tulemusena võib eeldada, et keskmine soojustoodang võib väheneda katlamajades kuni 35% [16].

Tabelis 2.2 on esitatud kaugkütte maakondade andmed. 2016. aastal oli Eestis võrgupiirkondi 239 kogupikkusega 1430,72 km. Tarbijatele müüdi soojusenergiat 4602,4 GWh ning keskmine tarbimistihedus oli 2,5 MWh/m.

Soojusenergia käibemaksuta hinnad olid 2019. aasta novembris 35,33 €/MWh kuni 86,96 €/MWh [5].

Tabel 2.2 Kaugkütte andmed maakonniti [12]

Haldusüksus	Võrgupiirkondade arv, tk	Torustiku pikkus, km	Müük, GWh	Keskmine tarbimistihedus, MWh/m
Tallinn	20	444,35	1784,8	4,2
Ida-Viru maakond	18	258,77	993,7	2,8
Tartu maakond	17	176,164	510,9	2,1
Harju maakond (v.a. Tallinn)	39	121,787	297,5	2,6
Pärnu maakond	13	80,282	212,6	2,4
Järva maakond	23	71,993	170,2	2,2
Lääne-Viru maakond	22	62,536	143,4	2,2
Viljandi maakond	17	24,007	119,5	3,3
Saare maakond	8	40,913	77,3	1,9
Võru maakond	9	37,839	69,9	1,8
Valga maakond	9	19,991	64,6	2,2
Põlva maakond	15	27,152	52,1	2,4
Rapla maakond	10	32,405	50,2	1,5
Jõgeva maakond	17	26,477	47,1	2,1
Hiiu maakond	2	6,054	8,5	3,4
Eesti	239	1430,72	4602,4	2,5

3. KOOSTOOTMINE

3.1 Koostootmise protsess

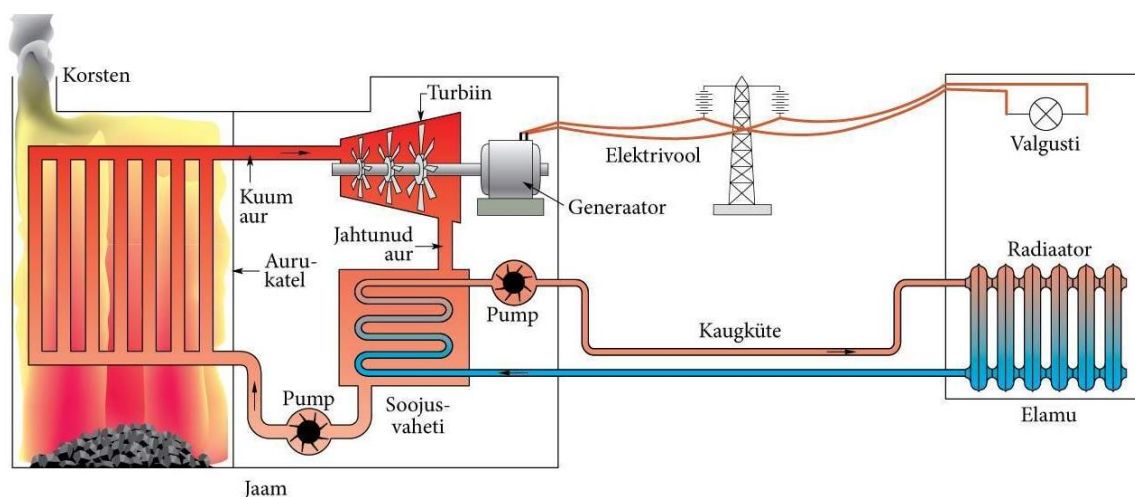
Koostootmiseks (CHP) nimetatakse protsessi, kus toodetakse samaaegselt soojus- ja elektrienergiat. Kasutades ära gaasi turbiinide heitgaasienergiat on võimalik toota soojusvahetis kasulikku auru, mida saab seejärel kasutada erinevates rakendustes ilma täiendava kütusekuluta. Koostootmine on termodünaamiliselt parim viis kütuse efektiivseks kasutamiseks. Selle protsessi tulemusena väheneb kütuse kogus ning heitmed toodetud energiaühiku kohta. Samuti saab mõlemat energialiiki toota nende eraldi tootmisest madalama hinnaga [17].

Koostootmiseseadmeid eristatakse süsteemi suuruse järgi, mis põhineb elektrilisel väljundvõimsusel. Tavaliselt on mikro-koostootmise väljundvõimsus väiksem kui 5 kW ning väikekoostootmine alla 1 MW_{el} [18].

Mikro- ja väike koostootmise seadmed võivad olla [19]:

- Turbiinid (auru- ja gaasiturbiinid);
- Aurumootorid;
- Sisepõlemismootorid (Otto ja Diesel mootorid);
- Välispõlemismootorid (Stirling ja tsüklonmootorid);
- Kütuseelemendid.

Lihtsustatud koostootmisjaama skeem on esitatud joonisel 3.1.



Joonis 3.1 Koostootmisjaamast tarbijani [19]

Euroopas toodetakse koostootmise abil ligi 11% elektrit ja 15% soojusenergiat. Koostootmise abil on võimalik [20]:

- Suurendada energiatõhusust, kuna koostootmine on kuni 40% tõhusam kui eraldi soojuse ja elektri tootmine;
- Vähendada heitmeid, sest koostootmine säästab täna tõhusale energiasäästule igal aastal 200 miljonit tonni CO₂;
- Vähendada kulusid - tarbijad vajavad enda elektri ja soojusenergia tarbeks vähem kütust;
- Toota taastuvenergiat - koostootmine võib töötada mis tahes taastuvkütusel ja see on kõige kulutõhusam viis taastuvate kütuste kasutamiseks. Praegu on 27% koostootmises kasutatavatest kütustest taastuvad, peamiselt biomass ja biogaas;
- Tarnida soojust ja elektrit igat tüüpi kasutajatele, alates ühest majapidamisest kuni suure tööstuskompleksi või kogu linnani. Tootmisvõimsus võib olla alates 1 kW kuni 1 GW-ni välja;
- Vähendatud edastamis- ja jaotuskulud. Koostootmine toodab elektrit ja soojust kohapeal. Koostootmise kasutajad sõltuvad vähem elektrivõrgust saadavast elektrist, vältides võrgukulud nii lõppkasutaja kui ka süsteemi tasandil.

Toodetud soojusenergiat saab kasutada tootmisprotsessides, tarbevee soojendamiseks ja ruumide kütteks. Kolmiktootmise korral on võimalik toota ka jahutusenergiat. Jahutusvee tootmiseks kasutatakse absorptsiooniseadmeid. Elektrienergiaks muundavat mehhaanilist energiat saab kasutada ka erinevate suuremate seadmete käitamiseks [21].

3.2 Auruturbiin

Auruturbiin on üks populaarsemaid soojusjõuseadmeid, kus muudetakse veeauru sise- ja potentsiaalne energia esmalt kineetiliseks energiaks ja seejärel rootori mehaaniliseks energiaks. Auruturbiinid on olnud kasutusel ligikaudu 100 aastat ning need on asendanud kolb aurumootoreid suurema efektiivsus ja madalamate kulude tõttu. Koostoote-auruturbiinide võimsused võivad ulatuda 0,5-st MW-st kuni mitmesaja MW-ni. Teenindus- ja hoolduskulud on auruturbiinidel suhteliselt kõrged. Võimsustel 5-20 MW võib saavutada 25% kasuteguri, võimsustel üle 50 MW üle 30% [22].

Auruturbiin töötab Rankine'i ringprotsessil. Auruturbiinis antakse auruosakestele kiirus, mis seejärel dünaamiliselt turbiini rootori labadele mõjudes muundub mehaaniliseks tööks. Auruturbiinid on ehituselt rotatsioonmasinad, mis koosnevad staatorist ja selles pöörlevast rootorist, millele on kinnitatud üks või mitu töölabadega tööratat.

Aurutsüklis pumbatakse vesi kõrgemale rõhule, mis sõltub seadme suurusest ja parameetritest, milleni aur lõpuks kuumutatakse. Seejärel kuumutatakse see rõhule vastavalt keemistemperatuurini, kondenseeritakse vesi ja seejärel ülekuumendatakse. Rõhu all olev aur aurustatakse mitmeastmelises turbiinis madalamale rõhule, seejärel juhitakse see vaakumi tingimustes kondensaatorisse või keskmisel temperatuuril aurujaotussüsteemi, mis juhib auru tarbijale. Tsükli jätkamiseks juhitakse kondensaati toitevee pumba abil tagasi süsteemi [22] [23].

Erinevalt gaasiturbiinidest ja aurumootoritest, kus soojus on elektritootmise kõrvalprodukt, toodavad auruturbiinid tavaliselt elektrit soojuse tootmise kõrvalproduktina. Auruturbiin on eraldi soojusallika jaoks suletud ega muunda kütust otseselt elektrienergiaks. Energiat edastatakse katlast turbiini kõrgsurveauru kaudu, mis omakorda varustab energiaga turbiini ja generaatorit. Selline funktsioonide eraldamine võimaldab auruturbiinidel töötada mitmesuguste erinevate kütustega, varieerides maagaasist tahkete jäätmeteni, sealhulgas igat liiki kivisüsi, puit, puidujäätmed ja põllumajanduse kõrvalsaadused. Koostootmisrakendustes eraldatakse auruturbiinist madalama rõhu all olev aur kasutatakse otse protsessis, kaugküttes või saab selle muundada muudeks soojuse vormideks, sealhulgas kuum või jahe vesi.

Auruturbiinid on oma ehitusomadustelt efektiivsemad kui kolviga aurumootorid. Võrreldes aurumootoriga, pöörlevad auruturbiinid suurema pöörlemiskiirusega. See vähendab nende maksumust võimsuse ühiku kohta [22].

Auruturbiini eelised [23]:

- Tehnoloogia on hästi tuntud ja töökindel;
- Toodete hind on välja kujunenud ja konkurentsi tõttu stabiilne;
- Sobiv puidutööstustele ja suurematele kaugkütte süsteemidele.

Auruturbiini puudused [23]:

- Suhteliselt suured hoolduskulud;
- Vajavad väga puhast toitevett;
- Madalamatel koormustel efektiivsus langeb.

Auruturbiine liigitatakse tööpõhimõtte järgi aktiiv- ja reaktiivturbiinideks [22]:

- Aktiivturbiinides paisub aur ainult staatori külge monteeritud düüsidest või juhtlabade vahelistes kanalites. Pöörlemistasandi suhtes sümmeetrilise ristlõikega töölabade vahelistes kanalites aur ei paisu, vaid düüsidest väljuv aur muudab töölabade nõgusatel pindadel libisedes oma liikumissuunda, tekitades töölabadele mõjuvate dünaamiliste jõudude toimeel rootorit pöörava momendi;
- Reaktiivturbiinid erinevad aktiivturbiinidest selle poolest, et auru paisumine pärast juhtlabade vahelt väljumist jätkub ka töölabade vahel. Entalpia langus on

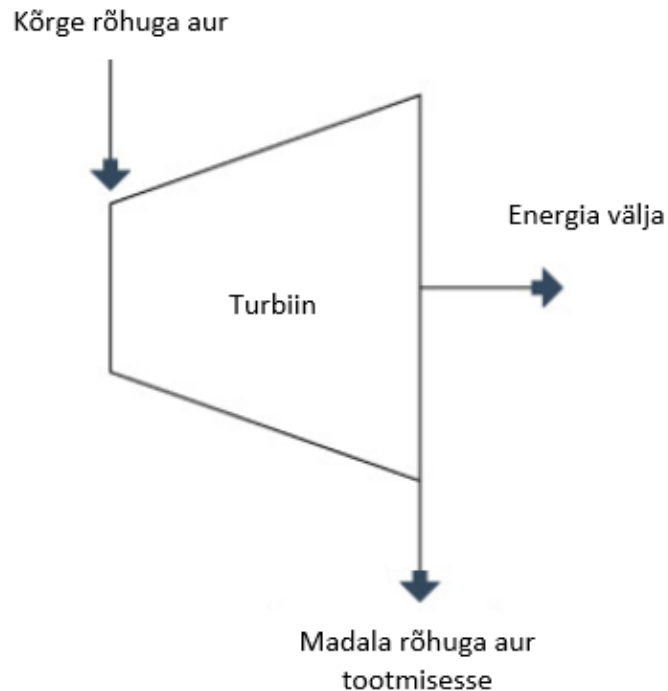
paisumisel juhtlabade ja töölabade vahel võrdsed – see tingimus tagatakse juhtlabade ja töölabade sarnase kujundamise abil, milleks on ebasümmeetrilised aerodünaamilised profiilid.

Mõlemal turbiiniliigil on eelised ja puudusi. Aktiivturbiine kasutatakse, kui auru parameetrid on kõrgemad. Samuti kasutatakse aktiivturbiine nende ehituse lihtsuse ning kompaktsuse tõttu abiturbiinides. Reaktiivturbiinide eeliseks on madalatel aururõhkudel töötamine ning nende kasutusala piirdub tavaliselt suure võimsusega madalsurveturbiinidega. Esineb ka aktiiv-reaktiivturbiine.

Ehituse järgi liigitatakse auruturbiine rootori telje asendist sõltuvalt horisontaalseteks ja vertikaalseteks turbiinideks. Astmete arvu järgi liigitatakse turbiine ühe- ja mitmeastmeliseks [24].

Auruturbiinil põhinevaid elektri ja soojuse koostootmise süsteeme kasutatakse peamiselt tööstusprotsessides, kus tahked või jäätmekütused on katelde jaoks hõlpsasti kättesaadavad. Koostootmisrakendustes eraldatakse auruturbiinis aur ja kasutatakse seda kas otse protsessis või kaugküttes. Samuti saab auru muundada muudeks soojusenergia vormideks nagu näiteks kuum või jahutatud vesi. Turbiin võib toetada elektrigeneraatorit või katlamajaseadmeid nagu katla toiteveepumbad, protsessipumbad, õhukompressorid ja jahutid. Auruturbiinid võivad töötada elektrigeneraatori jaoks ühe ja sama kiirusega või töötada külmutuskompressori jaoks erineva kiirusega. Mittekondenseeruvate rakenduste korral eraldatakse turbiinist aur CHP kütmiseks piisaval rõhul ja temperatuuril [22].

Mittekondenseeruvates ehk vasturõhuturbiinides paisub aur kuni vasturõhuni, mis on piisav vajaliku temperatuuriga soojuse tootmiseks. Termin „vasturõhk“ tähendab seda, et aur väljastatakse atmosfäärirõhust kõrgemate parameetritega. Madalamat rõhku kasutatakse tavaliselt väikestes ja suurtes kaugküttesüsteemides ning kõrgemat rõhku tööstuslike protsessides, kus vajatakse pidevalt konstantse temperatuuriga auru [25].



Joonis 3.2 Vasturõhuturbiini tööprotsess [22]

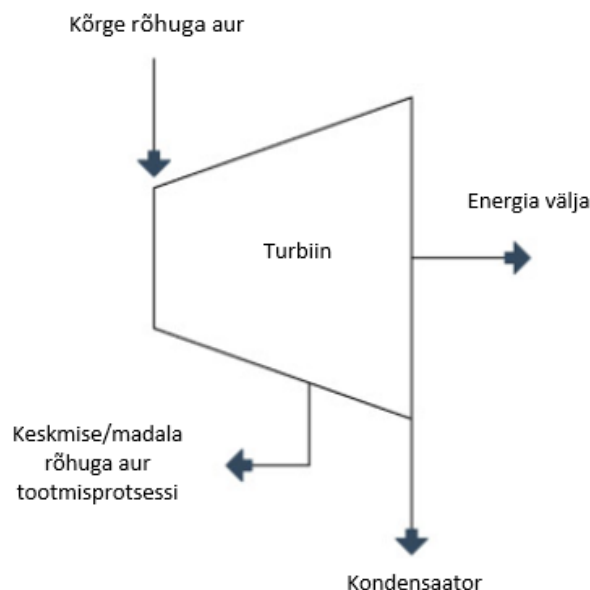
Joonisel 3.2 on esitatud vasturõhuturbiini lihtsustatud tööprotsess.

Vasturõhuaaurutubiinide arv on Eestis kasvanud aastatel 2016-2019 3 võrra, 14-lt 16-le. Toodetud elektrienergia on selle tehnoloogiaga kasvanud aastatel 2016-2019 739 GWh-lt 1077 GWh-le ning soojusenergia 2559 GWh-lt 2914 GWh-le [26].

Vaheltvõttudega kondensatsiooniturbiinidel on võimalik teatud parameetritega auru võtta paisumisprotsessi vahelt. See võimaldab selle auru soojust kasutada alates nullist kuni maksimaalse projekteeritud vaheltvõtuni [25].

Vaheltvõtuauru-kondensatsiooniturbiinide arv on Eestis kasvanud aastatel 2016-2019 ühe võrra, 18-lt 19-le. Toodetud elektrienergia selle tehnoloogiaga on vähenenud aastatel 2016-2019 415 GWh-lt 355 GWh-le ning soojusenergia on vähenenud 1396 GWh-lt 1096 GWh-le [26].

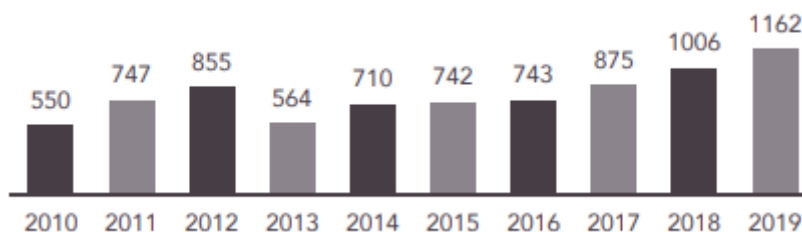
Vaheltvõttudega kondensatsiooniturbiini lihtsustatud tööprotsess on näidatud joonisel 3.3.



Joonis 3.3 Vaheltvõttudega kondensatsiooniturbiini tööprotsess [22]

3.3 Koostootmine Eestis

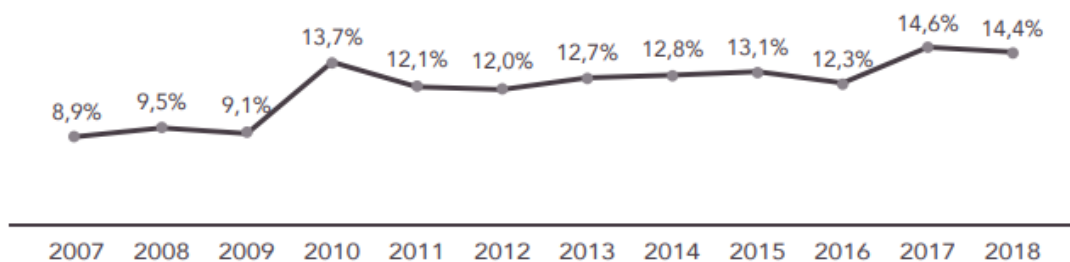
2018. aastal toodeti Eleringi andmetel biomassist 1162 GWh elektrit, mis moodustas ligikaudu 59% kogu kodumaisest taastuvelektri toodangust. Biomassi kasutavad kütusena mitmed elektri ja soojuse koostootmisjaamad üle Eesti. Joonisel 3.4 on esitatud biomassist elektrivõrku toodetud elektrienergia kogused aastatel 2010-2019 [6].



Joonis 3.4 Biomassist elektrivõrku toodetud elektrienergia kogus (GWh) [6]

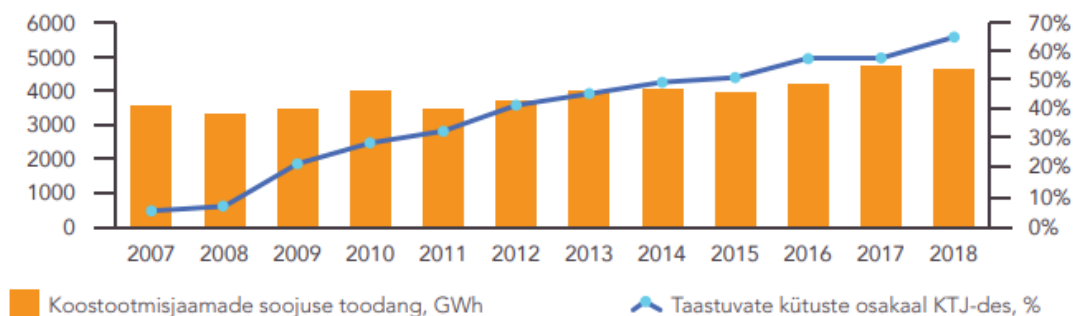
Koostootmist kasutavad ka Eestis tööstusettevõtted, kellel on tööstusprotsessides vaja auru või soojusenergiat. Enamasti on koostootmine asendanud ajapikku maagaasi [6].

Eestis ei ole saavutanud Euroopa Liidu 2020. aastaks seatud koostootmise eesmärki, mis tähendab elektrienergia 20% brutotarbimist. Jooniselt 3.5 on esitatud koostoodetud elektri osakaal elektri brutotarbimises. 2018. aasta lõpu seisuga oli koostoodetud elektri osakaal elektri brutotarbimises 14,4% ning viimase kaheksa aasta jooksul on kasv olnud aeglane või olematu [6].



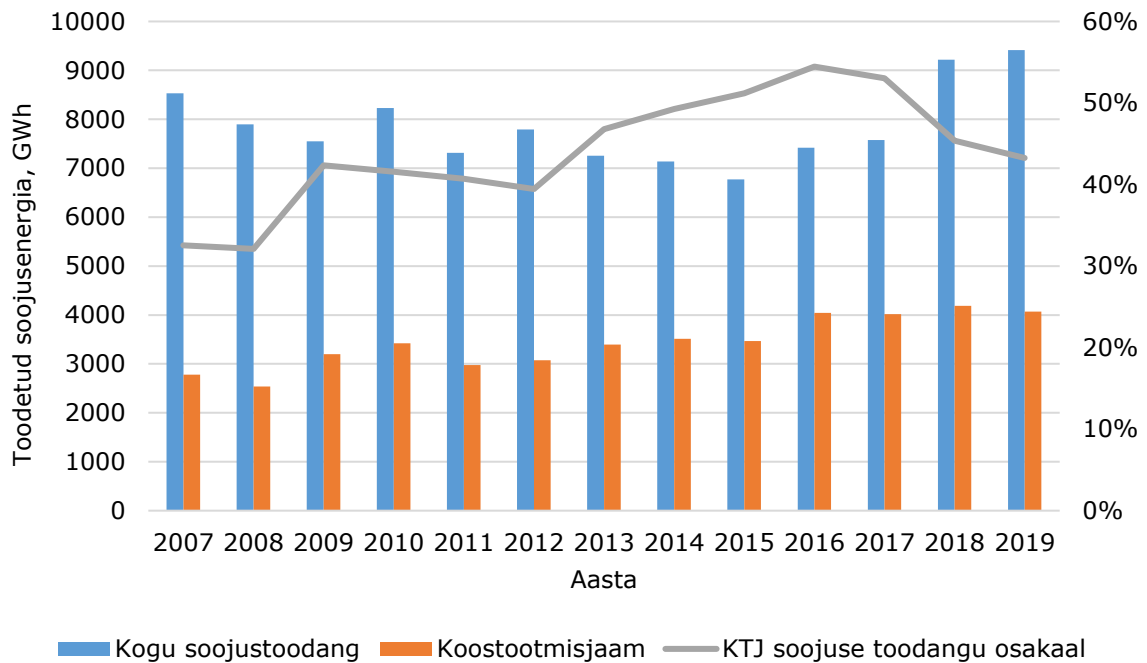
Joonis 3.5 Koostoodetud elektri osakaal elektri brutotarbimises [6]

Viimastel aastatel on Eestis investeeringud kodumaiste- ja taastuvate kütuste osakaalu suurendamiseks kasvanud. Jooniselt 3.6 on näha, et kui koostootmisjaamade soojuse toodang pole kasvanud palju, 2777 GWh-lt (2007) 4184 GWh (2018), siis taastuvate kütuste osakaal koostootmisjaamades on kasvanud jõudsalt, ulatudes 2018. aastal 66%-ni [6].



Joonis 3.6 Taastuvatest kütustest toodetud soojuse osakaal koostootmisjaamades [6]

Joonisel 3.7 on esitatud koostootmisjaama soojuse toodang osakaal kogu soojustoodangust. Koostootmisjaama soojustoodang osakaal on kasvanud 33%-lt (2007) 43%-le (2019). Kõige suurem oli koostootmisjaama soojustoodangu osakaal kogutoodangust 2016. aastal, kui see moodustas 54% (4041 GWh).



Joonis 3.7 Koostootmisjaama soojustoodangu osakaal [6] [13]

3.4 Koostootmise potentsiaal Eestis

Kuigi koostootmine on Eestis üsna laialdaselt levinud, siis kogu potentsiaalini ei ole veel jõutud. Uute koostootmisjaamade rajamine sõltub eelkõige seadusandjast. Lisanduva elektritootmisvõimsuse investeringu maksumus elektrivõimsuse ühiku kohta on oluliselt kõrgem kui investeringu maksumus soojusvõimsuse ühiku kohta. Koostootmisjaamad ei ole konkurentsivõimelised taastuvenergia vähempakkumistel just kallil investeringumaksumuse ning energia hinnas sisalduva kütusekomponendi tõttu. On tähtis, et taastuvenergia oksjoneid viidaks läbi tehnoloogiapõhiliselt [27].

Koostootmise potentsiaal tähendab, et tagatud on selline aastaringne soojuse tarbimine, mille puhul on majanduslikult mõistlik toota elektrit ja soojust koos toota [28].

Tabelis 3.1 on näidatud erinevate linnade 2013. aasta soojustarbimist ning koostootmise potentsiaalseid elektrienergia toodetavad võimsused ja tarbimised. Samuti on välja toodud prognoos aastaks 2020, kus on prognoositud soojuse ning elektri toodangut ja soojuse tarbimist.

Tabel 3.1 Potentsiaalsed koostootmisjaamad Eestis [28]

	Soojuse Tarbimine Gwh	POTENTSIAAL		2020		
		MW _{el}	MW _{th}	Soojuse Tarbimine Gwh	Elektri toodang GWh	Soojuse toodang GWh
Tallinn	1800	125	250	1 580	689	1378,3
Tartu	519	30	60	456	165	330,8
Narva	400	25	50	351	138	275,7
Kohtla-Järve	450	30	60	395	165	330,8
Pärnu	300	22	44	263	121	242,6
Ahtme-Jõhvi	380	25	50	334	138	275,7
Viljandi	45	2	6	40	11	33,1
Rakvere	42	2	6	37	11	33,1
Maardu	81	3,5	10,5	71	19	57,9
Sillamäe	90	4	12	79	22	66,2
Kuressaare	87	4	12	76	22	66,2
Võru	77	3	9	68	17	49,6
Valga	80	3	9	70	17	49,6
Haapsalu	70	3	9	61	17	49,6
Paide	50	2	6	44	11	33,1
Keila	50	2	6	44	11	33,1
Tabasalu	40	2	6	35	11	33,1
Jõgeva	30	1	4,3	26	6	23,8
Paldiski	30	1	4,3	26	6	23,8
Haabneeme	30	1	4,3	26	6	23,8
Tapa	30	1	4,3	26	6	23,8
Rapla	30	1	4,3	26	6	23,8
Kokku	4711	293	627	4 136	1 613	3 457

Suurim soojuse tarbimine on Eesti kõige suuremates linnades: Tallinna, Tartu, Narva, Kohtla-Järve, Pärnu ning Ahtme-Jõhvi. Samuti on nendes linnades ka kõige suurem potentsiaal toota koostootmisega elektrienergiat ulatudes 125 MW-ni Tallinnas ning 25 kuni 30 MW-ni Tartus, Narvas ning Kohtla-Järvel.

2013. aasta prognoosi järgi väheneb soojuse tarbimine 2020. aastaks kõikides linnades. Tallinnas on see muutus kõige suurem, vähenedes 1800 GWh-lt 1580 GWh-ni. Teistes linnades on muutus palju väiksem.

2013. aasta prognoositud piirkondade potentsiaalsed võimsused on vähenenud, kuna juurde on ehitatud koostootmisjaamu. Tabelis 3.2 on esitatud 2019. aasta seisuga Eestis ehitatud biomassil põhinevaid koostootmisjaamad koguvõimsusega 138,9 MW_{el}.

Tabel 3.2 2019. aastaks valmis ehitatud biomassil põhinevad koostootmisjaamad [29]

Koostootmisjaam (KTJ)	Elektriline võimsus	Soojuslik võimsus
	MW	MW
Väo 1 KTJ	25	49
Pärnu KTJ	24	50
Tartu elektrijaam	22,1	50

Väo 2 KTJ	21	76
Imavere KTJ	10	27
Osula KTJ	10	27
Mustamäe KTJ	10	47
Helme KTJ	6,5	15
Kehtra KTJ	4,4	25
Kuressaare KTJ	2,3	9,6
Paide KTJ	1,7	8
Rakvere KTJ	1	10
Rakvere Päikese tn 4 KTJ	0,9	5,3
KOKKU	138,9	398,9

3.5 Koostootmisjaamade näitajad

Magistritöös koguti andmeid 48 biokütusel töötava koostootmisjaama kohta, kus toodetakse elektrit auruturbiini abil. Enamus andmeid on saadud välismaa elektroonilistest allikatest, kuid andmebaasis on olemas ka Eesti suuremate koostootmisjaamade andmed.

Lisas 1 esitatud tabel sisaldab informatsiooni koostootmisjaamade tehniliste parameetrite kohta, kus on esitatud nii elektriline kui ka soojuslik võimsus, elektriline ja soojuslik efektiivsus, minimaalne võimsus osalisel koormusel, elektriline efektiivsus minimaalsel koormusel, katlamaja investeering, fikseeritud käitluskulud ning muutuvkulud.

4. TAASTUVENERGIA TASUD JA TOETUSED

Eestis on võimalik taotleda toetust taastuvenergia potentsiaali bioenergial põhineva elektri ja soojuse koostootmiseks, biogaasi tootmiseks ning tuule- ja päikeseenergia rakendamiseks. Selleks, et soodustada ja aidata taastuvenergia laialdasemale kasutuselevõttu, on riik reguleerinud taastuvenergia tasu ja toetuste maksmise.

Taastuvenergia tasu on riigi poolt määratud tasu, mille eesmärk on toetada taastuvatest allikatest või tõhusa koostootmise režiimil energiatootmist. Vastavalt elektrituruseadusele on taastuvenergia tasu arvutajaks põhivõrguettevõtja Elering, kes avaldab iga aasta 1. detsembril järgmise kalendriaasta taastuvenergia tasu suuruse [17].

Täna on korraga jõus nii vana kui ka uus taastuvenergia toetuskeem. Vana ja uus taastuvenergia toetuskeem annab kindlust ettevõtjatele, kes on juba teinud suuremahulisi investeeringuid ning samas ka suurendab taastuvate energiaallikate kasutuselevõttu ning aitab muuta energiasektorit tõhusamaks [30].

Vana toetuskeemi aluselt on võimalik taotleda taastuvenergia toetust [30]:

1. Kui toodetakse elektrienergiat tootmiseseadmega, mille elektriline võimsus on vähemalt 1 MW ja tootja on hiljemalt 31.12.2016 alustanud seda tootmiseseadet puudutava investeerimisprojekti osas töödega. Näiteks kui ettevõtte on alustanud elektrienergia tootmist, alustanud ehitustöödega, võtnud kohustuse tellida seadmeid või võtnud muu kohustuse, mis on muutnud investeerimisprojekti pöördumatuks;
2. Kui toodetakse elektrienergiat tootmiseseadmega, mille elektriline võimsus on suurem kui 50 kW, aga väiksem kui 1 MW, ja tootja on hiljemalt 31.12.2018 alustanud selle tootmiseseadmega elektrienergia tootmist;
3. Kui toodetakse elektrienergiat tootmiseseadmega, mille elektriline võimsus on väiksem kui 50 kW ning tootja on hiljemalt 31.12.2020 alustanud selle tootmiseseadmega elektrienergia tootmist ja tootja ei ole selle tootmiseseadme rajamiseks saanud riigilt investeeringutoetust.

Vana toetuskeemi järgi on toetused järgmised [30]:

- 55,7 €/MWh elektrienergia eest, kui see on toodetud taastuvast energiaallikast tootmiseseadmega (võimsus kuni 125 MW) või kui see on toodetud biomassist koostootmise režiimil;

- 32 €/MWh elektrienergia eest, kui see on toodetud tõhusa koostootmise režiimil jäätmetest, turbast või põlevkivitöötlemise uttegaasist, või tõhusa koostootmise režiimil tootmiseseadmega võimsusega kuni 10 MW.

Uue toetuskeemi järgi on võimalik saada toetust ainult siis, kui on võidetud vähempakkumine. Taastuenergia toetust maksab Elering. Esimene vähempakkumine kuulutati välja 18.11.2019, kus said osaleda ainult uued tootmiseseadmed, mille elektrilised võimsused jäid vahemiku 50 kW kuni 1 MW. Kuni 50 kW võimsusega uute tootmisvõimsuste rajamisel on võimalik seni kehtinud taastuenergia toodangutoetust taotleda tingimusel, et tootmisüksus on valminud enne 2021. aastat [30] [31].

Vähempakkumiste liigid on järgmised [30]:

1. Vähempakkumine taastuvast energiaallikast ja tõhusa koostootmise režiimil elektrienergia tootmise riigisisese eesmärgi saavutamiseks.

Kui prognoosi järgi ei saavutata riigisiseseid taastuenergia eesmärke, võidakse Vabariigi Valitsuse volitatud ministri poolt korraldada vajaliku elektrienergia koguse kõige soodsama tootja leidmiseks avalik vähempakkumine. Sellisele vähempakkumisele saab esitada ainult tootmise pakkumise, mis alustab elektrienergia esmakordset tootmist alles pärast vähempakkumise võitja väljaselgitamist.

Vähempakkumise võitja toetuse ülemmäär vähempakkumise puhul [30]:

- Taastuvast energiaallikast elektrienergia tootmise puhul 53,7 €/MWh pluss eelmise kuu Eesti hinnapiirkonna keskmine börsihind, kuid mitte rohkem kui 93 €/MWh;
- Tõhusa koostootmise režiimil elektrienergia tootmise puhul 32 EUR/MWh pluss eelmise kuu Eesti hinnapiirkonna keskmine börsihind, kuid mitte rohkem kui 72 €/MWh.

2. Vähempakkumine taastuvast energiaallikast energia statistilisteks ülekanneteks.

Kui riik on sõlminud mõne EL liikmesriigiga energia statistilise ülekande lepingu ja kui ilmneb vajadus toota taastuvast energiaallikast täiendav kogus energiat selle lepingu täitmiseks, võidakse Vabariigi Valitsuse volitatud ministri poolt korraldada vajaliku elektrienergia koguse kõige soodsama tootja leidmiseks avalik vähempakkumine. Vähempakkumisel ei saa esitada tootmiseseadmega toodetud elektrienergiat, mille eest vähempakkumise väljakuulutamise ajal tootja juba saab toetust, ega elektrienergiat, mis vähempakkumise ajal juba panustab EL energiaalaste eesmärkide täitmisesse.

Toetuse aastaseks suuruseks on maksimaalselt sama summa, mis laekub asjakohase statistilise ülekande lepingu alusel aasta jooksul Eleringile.

3. Vähempakkumine alla 1 MW elektrilise võimsusega taastuvast energiaallikast tootmiseseadmega.

Toetust makstakse elektrienergia eest, mis on toodetud taastuvast energiaallikat kasutavate tootmiseseadmetega, mille elektriline võimsus on suurem kui 50 kW ja väiksem kui 1 MW. Selle toetuse eesmärk on suurendada sellist tootmiseseadet kasutavate tootjate iga-aastast elektrienergia tootmist aastatel 2019-2021 5 GWh võrra. Vähempakkumisele saab esitada ainult sellise tootmiseseadmega elektrienergia tootmise pakkumise, mis alustab elektrienergia esmakordset tootmist pärast vähempakkumise võitja väljaselgitamist ja mille eest ei ole makstus riigipoolset investeeringutoetust.

Vähempakkumise võitja toetuse ülemmäär on 53,7 €/MWh pluss eelmise kalendrikuu Eesti hinnapiirkonna keskmine börsihind, kuid mitte rohkem kui 93 €/MWh.

2019 maksid Eesti elektritarbijad taastuvenergia tasu tootjatele kokku ligi 90 miljonit eurot. Selle maksmiseks koguti iga müüdud kilovatt-tunni eest lõpptarbijalt möödunud aastal koos käibemaksuga 1,25 senti [32].

Taastuvenergia tasu suurus 2020. aastal on koos käibemaksuga 1,36 senti/kWh. Tasu arvestamisel võeti arvesse [33]:

- Taastuvenergiast toodetud ja toetatud elektrienergia toodangu prognoos 1687 GWh ja töhusa koostootmise režiimil toodetud toetatud elektrienergia kogus 90 GWh;
- Taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrienergiale prognoositav suurus 90,6 miljonit eurot ja töhusa perioodi toetuste administreerimise kulu 0,43 miljonit eurot.

Taastuvenergia toetuse summa jagunes 33,2% tuulikute toetamiseks ning 58,3% biomassist toodetud elektrienergia tootmiseks. Ülejäänud toetuse summast kulus hüdroenergia, päikeseenergia ja biogaasist toodetud elektrienergia toetuseks.

Eleringi tarbimise prognoos aastaks 2021 on 8277 GWh, mis on 1,14% võrra suurem kui eelmise perioodi tegelik tarbimine [33].

5. KOOSTOOTMISJAAMADE KASUTAMISE OTSTARBEKUSE HINNANG EESTIS

Koostootmisjaamade rakendamise otstarbekust mõjutavad nii tarbimise ja tootmise profiil kui ka kavandatava koostootmisjaama suurus. Reeglina on väikese koostootmisjaamade kasutegurid ja erimaksumused kõrgemad ehk nende majanduslikud näitajad on kehvemad. Väikese võimsusega koostootmisjaamasid toetati Eestis aastatel 2009-2012 40 miljoni euro ulatuses. 19 objekti renoveeriti ning viidi üle biokütusele [34].

Magistritöös on kogutud andmeid 48 biokütusel töötava koostootmisjaama kohta, kus toodetakse elektrit auruturbiiniga. Enamus andmeid on saadud välismaa elektroonilistest allikatest, kuid andmebaasis on olemas ka Eesti suuremate koostootmisjaamade andmed.

Lisas 1 esitatud tabel sisaldab informatsiooni koostootmisjaamade tehniliste parameetrite kohta, kus on esitatud nii elektriline kui ka soojuslik võimsus, elektriline ja soojuslik efektiivsus, minimaalne võimsus osalisel koormusel, elektriline efektiivsus minimaalsel koormusel, katlamaja investeering, fikseeritud käitluskulud ning muutuvkulud. Antuid andmeid on kasutatud selles peatükis erinevate tehniliste ja majanduslike seoste loomisel. Autor on erinevate seoste loomisel valinud erinev arv koostootmisjaamade andmeid.

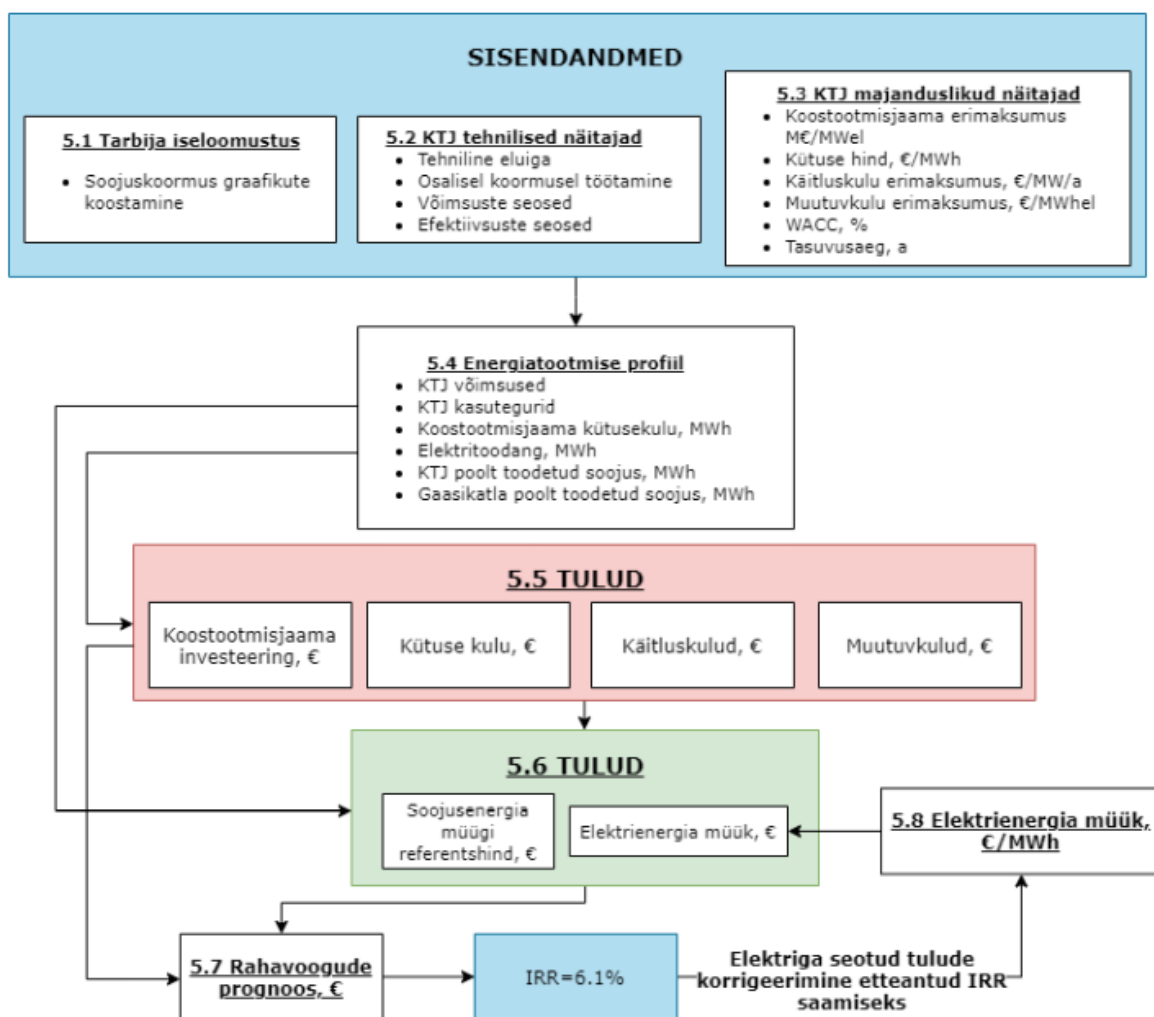
Käesolevas töös on tehtud andmete analüüs ning arvutused 7-le eri suurusega kaugkütte võrgupiirkonnale. Sulgudes on välja toodud, millised Eesti piirkonnad sarnanesid tarbimissuurustele 2013. aastal [28]:

- Aastane soojustarbimine 30 000 MWh (Jõgeva, Paldiski, Haabneeme, Tapa, Rapla);
- Aastane soojustarbimine 50 000 MWh (Paide, Keila);
- Aastane soojustarbimine 75 000 MWh (Võru);
- Aastane soojustarbimine 100 000 MWh (Sillamäe);
- Aastane soojustarbimine 150 000 MWh;
- Aastane soojustarbimine 200 000 MWh;
- Aastane soojustarbimine 300 000 MWh (Pärnu).

Arvutuste meetodiline lähenemine põhineb selles, et on leitud koostootmisjaamade tehnilised näitajad, ette antud majanduslikud näitajad ja nende alusel leitud tulud ja kulud (va elektri müügiga seotud tulud). Elektri müügiga seotud tulud koosnevad elektri turuhinnast (eeldatud on 2020 Nord Pool Eesti piirkonna keskmist elektri hindu) ja

toetusest. Elektriga seotud tulude arvutamisel lähtutakse eeldatavast WACC (kapitali kaalutud keskmine hind) väärtusest. Samuti arvutatakse välja elektrimüügiga kaasnevad minimaalsed tulud, mis on vajalikud koostootmisjaama majandusliku otstarbekuse saavutamiseks (WACC-i arvestades).

Metoodilise lähenemise skeem on esitatud joonisel 5.1.



Joonis 5.1 Metoodiline lähenemise skeem

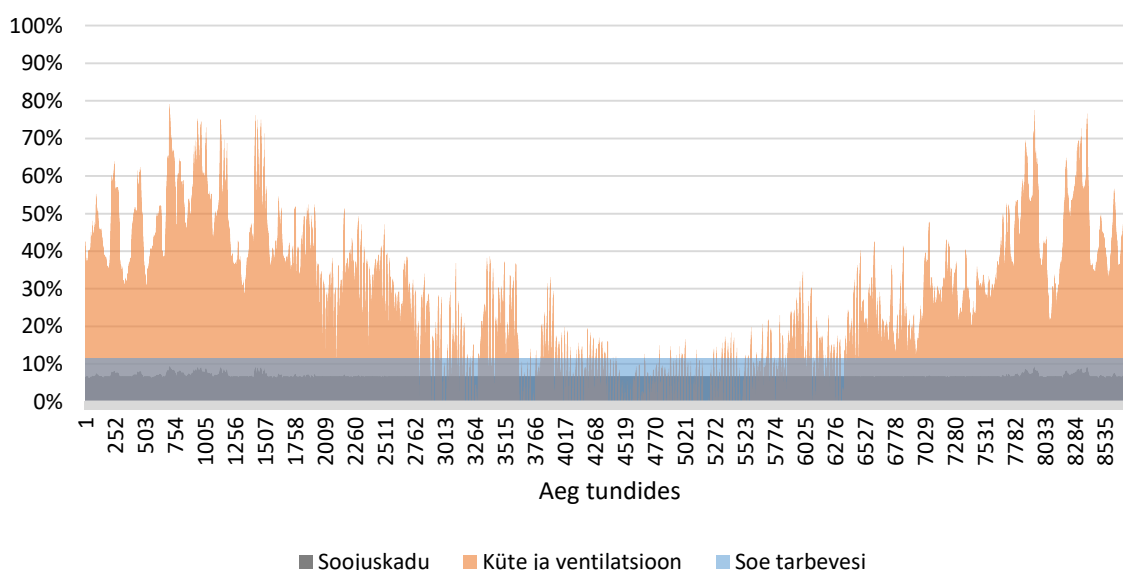
Joonisel on näidatud kuidas jõutakse koostootmisjaama IRR (diskontomäär) arvutusprotsessini ning elektrienergia hinnani erinevates võrgupiirkondades, kui on arvestatud WACC-iga. Sisuplokkides on näidatud peatükkide numbreid, kus on seoseid ja arvutusi käsitletud. Mõnede tehniliste ja majanduslike näitajate leidmise aluseks on staatilised seosed jaama suuruse ja selle näitaja vahel. Seoste arvutamise aluseks on koostootmisjaamade andmebaas vastavate parameetritega.

5.1 Tarbija iseloomustus

Referentstarbijateks on valitud eelmises peatükis kirjeldatud 7 erinevat soojusvõrgupiirkonda ning parameetrite osas on tehtud järgmised eeldused:

- Soojuskaod ehk võrgukaod moodustavad 15% kogu aastasest tarbimisest. Mis on välja pakutud eeldatav väärtus määruses „Soojuse müügi ajutise hinna kehtestamise kord“ [35];
- Sooja tarbevee (STV) osakaal kogu aastasest tarbimisest on 30% [36];
- Kütte ja ventilatsiooni (KJV) osakaal kogu aastasest tarbimisest moodustab 70%;
- Koostootmisjaama töötab aastaringselt;
- Tasakaalutemperatuuriks on valitud 17°C (vanad soojustamata majad). Tasakaalutemperatuur näitab, millise välisõhu temperatuuri juures oleks hoone ümbritseva väliskeskkonnaga soojuslikus tasakaalus [37];
- On eeldatud, et tegemist on maa-aluste soojustrassidega. Soojuskadude arvutamiseks on valitud pinnase temperatuuriks on 8°C;
- Soojusvõimsuse arvutamisel on lähtutud Eesti normaalaasta 2012. aasta välisõhu temperatuuri tunnikeskimestest andmetest;
- Eeldame, et sooja tarbevett kasutatakse aastaringselt (püsiv soojuskoormus).

Ülaltoodud eelduste järgi on vastavalt aastasele võrgupiirkonna tarbimisele välja arvatud soojatarbevee, kütte ja ventilatsiooni, soojuskadude ning kogu soojustarbe võimsused. Seejärel on loodud igale võrgupiirkonnale tarbimise soojuskoormus graafik (vt Lisa 2). Suhteline soojuskoormus graafik on esitatud joonisel 5.2. Soojuskoormuste loomisel on kasutatud peatükk 5.2 seoseid ja valemeid.



Joonis 5.2 Suhteline tarbimise soojuskoormuse kestvusgraafik

5.2 Koostootmisjaama tehnilised näitajad

Koostootmisjaama tehniliste näitajate leidmiseks on arvestatud tarbija soojustarbimise vajadusega ning lisaks arvestatud järgmiste aspektidega:

- Koostootmisjaama minimaalne koormus on 30% nominaalsest soojuse toodangust [38];
- Koostootmisjaama kogukasutegur on 85% [39];
- Koostootmisjaama valikul lähtutakse sellest, et jaam peab töötama aastaringselt;
- Baaskoormuse katla tehniline eluiga on 20 aastat [40];
- Elektritootmiseks kasutatakse auruturbiini.

Koostootmisjaama soojusliku võimsus

Koostootmisjaama soojusliku võimsuse leidmiseks on kasutatud valemit 5.1.

$$P_{soojus} = \frac{Q_{t.min}}{k_{k.min}}, \quad (5.1)$$

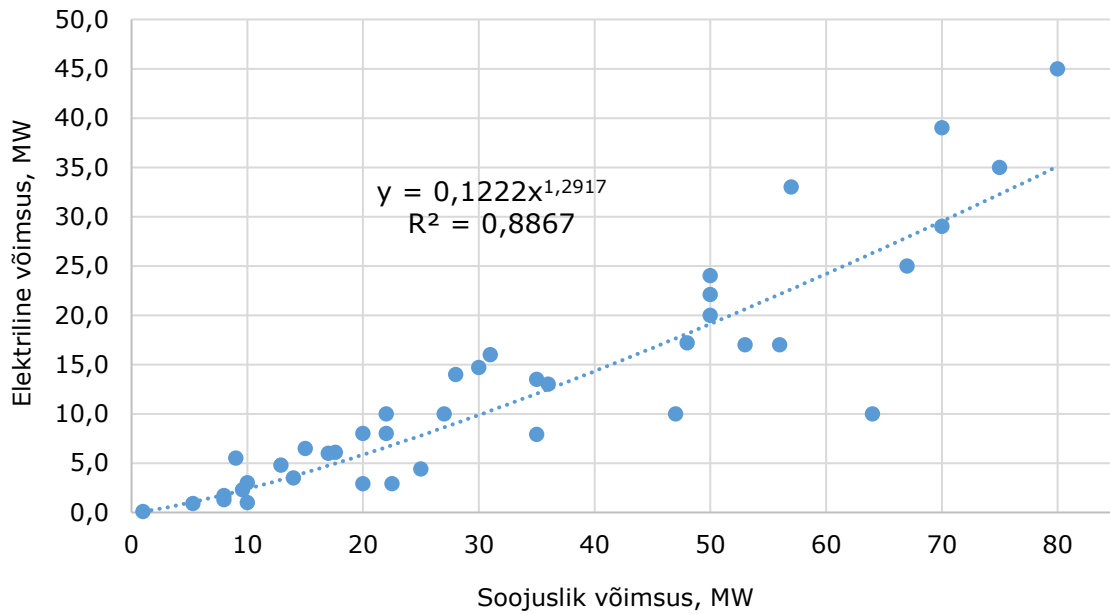
kus P_{soojus} – koostootmisjaama soojuslik võimsus, MW;

$Q_{t.min}$ – tarbija minimaalne soojustarbimine, MW;

k_{min} – koostootmisjaama minimaalne koormus, %.

Koostootmisjaama elektriline võimsus

Koostootmisjaama elektrilise võimsuse leidmiseks on leitud seos elektrilise võimsuse ja soojusliku võimsuse vahel kasutades koostootmisjaamade andmebaasi andmeid, mis on välja toodud Lisas 1. Joonisel 5.3 on esitatud soojusliku ja elektrilise võimsuse vaheline seos.

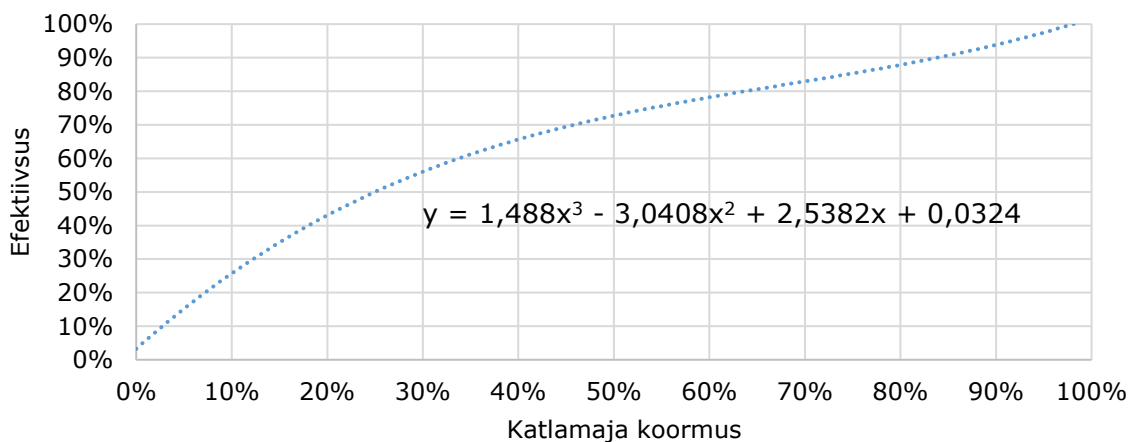


Joonis 5.3 Elektrilise võimsuse sõltuvus soojuslikust võimsusest

Jooniselt on näha, et mida suurem on soojuslik võimsus, seda suuremaks muutub ka elektriline võimsus, kehtib seos $y = 0,1222x^{1,2917}$, mida on kasutatud edasistes arvutustes.

Auruturbiini efektiivsus

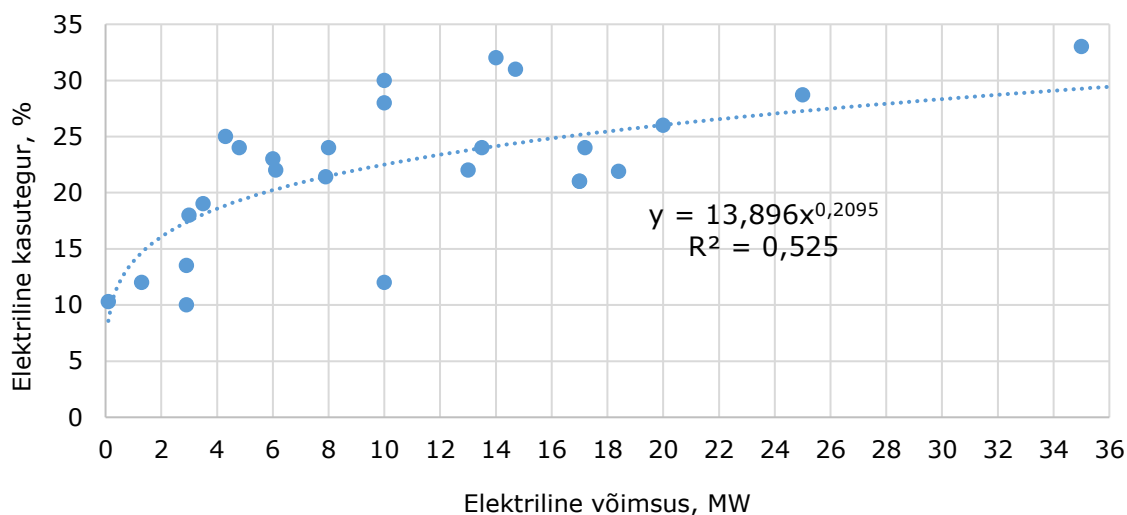
Auruturbiini efektiivsus sõltub koostootmisjaama koormusest. Joonisel 5.4 on näidatud, kuidas sõltub auruturbiini efektiivsus katlamaja koormusest, kehtib seos $y = 1,488x^3 - 3,0408x^2 + 2,5382x + 0,0324$. Auruturbiini efektiivsust on kasutatud koostootmisjaama elektrilise kasuteguri leidmisel.



Joonis 5.4 Auruturbiini efektiivsuse sõltuvus katlamaja koormusest [40]

Koostootmisjaama elektriline kasutegur

Elektrilise kasuteguri leidmiseks on leitud seos elektrilise kasuteguri ja elektrilise võimsuse vahel, mis on esitatud joonisel 5.5. Elektrilise kasuteguri ja elektrilise võimsuse vahel kehtib seos $y = 13,896x^{0,2095}$.



Joonis 5.5 Elektrilise kasuteguri sõltuvus elektrilisest võimsusest

Koostootmisjaama soojusliku kasutegur

Kuna kogukasutegur on autori poolt fikseeritud (85%) ning eelmises leiti koostootmisjaama elektriline kasutegur, siis saab soojusliku kasuteguri arvutada valemiga 5.2.

$$\eta_{soojus} = \eta_{kogu} - \eta_{elekter} \quad (5.2)$$

- kus η_{soojus} – koostootmisjaama soojuslik kasutegur, %;
 η_{kogu} – koostootmisjaama kogukasutegur, %;
 $\eta_{elekter}$ – koostootmisjaama elektriline kasutegur, %.

5.3 Koostootmisjaama majanduslikud näitajad

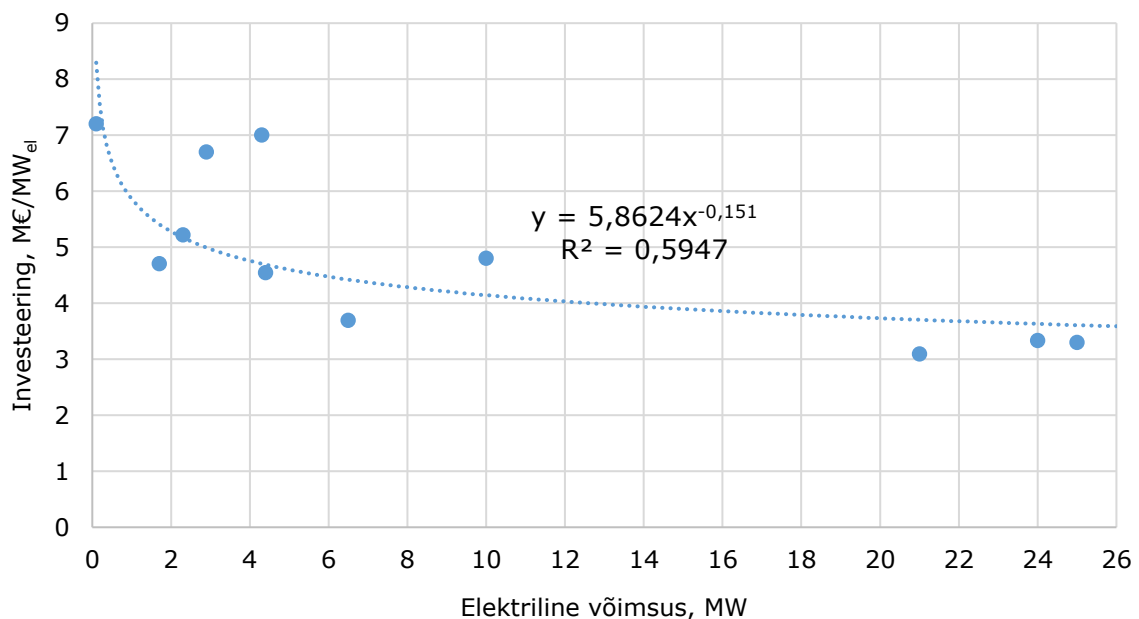
Majandusarvutuste jaoks on esitatud järgmised eeldused või lihtsustused:

- Tasuvusanalüüsi perioodiks on 20 aastat ehk katla tehniline eluiga [40];
- Puiduhakke primaarhind (soojuslik kasutegur 85%) 14,5 €/MWh [40];

- Soojuse tootmishinnaks on võetud vastavalt Konkurentsiametile 35 €/MWh [40];
- Keskmise Eesti piirkonna 2020. aasta Nord Pool elektri hind 33,69 €/MWh [42];
- Käitluskuludeks on valitud 2% koostootmisjaama investeeringust [43];
- Kogu toodetud elekter müüakse võrku;
- Opereerimise ja käidukulud on hinnatud võrdseks kõikidel aastatel;
- Investeeringud tehakse täies mahus esimesel aastal;
- IRR-iks on arvestatud 6,1%, mis on võrdne Konkurentsiameti metoodika järgi soojuse müügiga tegelevale võrguettevõtjale WACC-iga [40];
- Kõik hinnad on kajastatud ilma käibemaksuta.

Investeeringu erimaksumus

Investeeringu erimaksumuse leidmiseks on kasutatud autori koostatud koostootmisjaamade andmebaasi andmeid ning leitud seos elektrilise võimsuse ja koostootmisjaama erimaksumuse vahel. Joonisel 5.6 on näha elektrilise võimsuse sõltuvus koostootmisjaama investeerimismahust. Seost $y = 5,8624x^{-0,151}$ on kasutatud edasistes majanduslikes arvutustes.

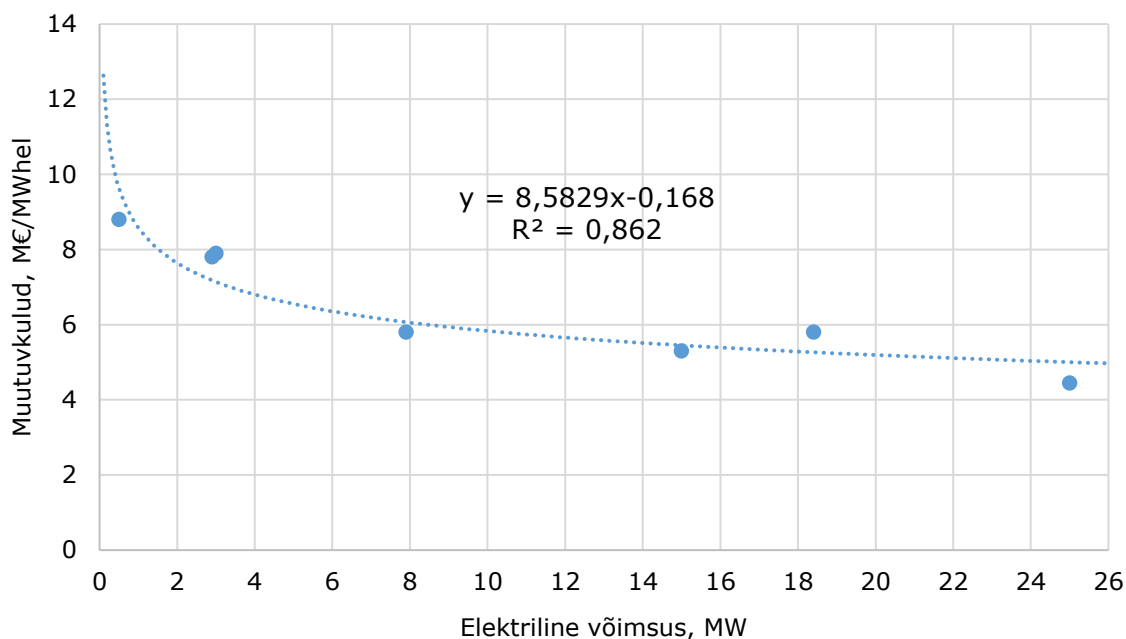


Joonis 5.6 Investeeringu sõltuvus elektrilisest võimsusest

Muutuvkulud

Muutuvkulud on kulud, mis muutuvad koos tootmismahu muutusega [35]. Koostootmisjaama muutuvkulude leidmiseks on leitud seos elektrilise võimsuse ja muutuvkulude vahel. Joonisel 5.7 on näidatud koostootmisjaama muutuvkulude sõltuvus elektrilisest võimsusest. Mida suurem on elektriline võimsus, seda väiksemad

on koostootmisjaama muutuvkulud. Seost $y = 8,5829x^{-0,168}$ on kasutatud peatükis 5.5 kulude arvutamisel.



Joonis 5.7 Muutuvkulude sõltuvus elektrilisest võimusest

5.4 Energiatootmise profiil

Pärast sisendandmete töötlust on koostatud energiatootmise profiil, kus valitakse vastavalt võrgupiirkonna vajadusele vastava suurusega koostootmisjaam ning selgitatakse välja jaama soojustoodang ning kütusekulu kaudu elektritoodang.

Soojustoodang

Koostootmisjaama soojustoodangu saab leida, kui võrrelda koostootmisjaama soojusliku võimsust tarbija soojusvajadusega. Kui koostootmisjaam suudab ära katta kogu vajaduse, siis see suurus ongi koostootmisjaama soojustoodang. Kui koostootmisjaam ei suuda ära katta kogu vajadust, siis aitab tipukoormust katta mõni muu katelseade (enamasti gaasikatel).

Kütusemaht

Koostootmisjaama kütusemaht arvutatakse valemiga 5.3.

$$K = \eta_{soojus} * Q_k, \quad (5.3)$$

kus K – koostootmisjaama kütusemaht, MWh;

$\eta_{soojuslik}$ – koostootmisjaama soojuslik kasutegur, %;

Q_k – koostootmisjaama soojustoodang, MWh.

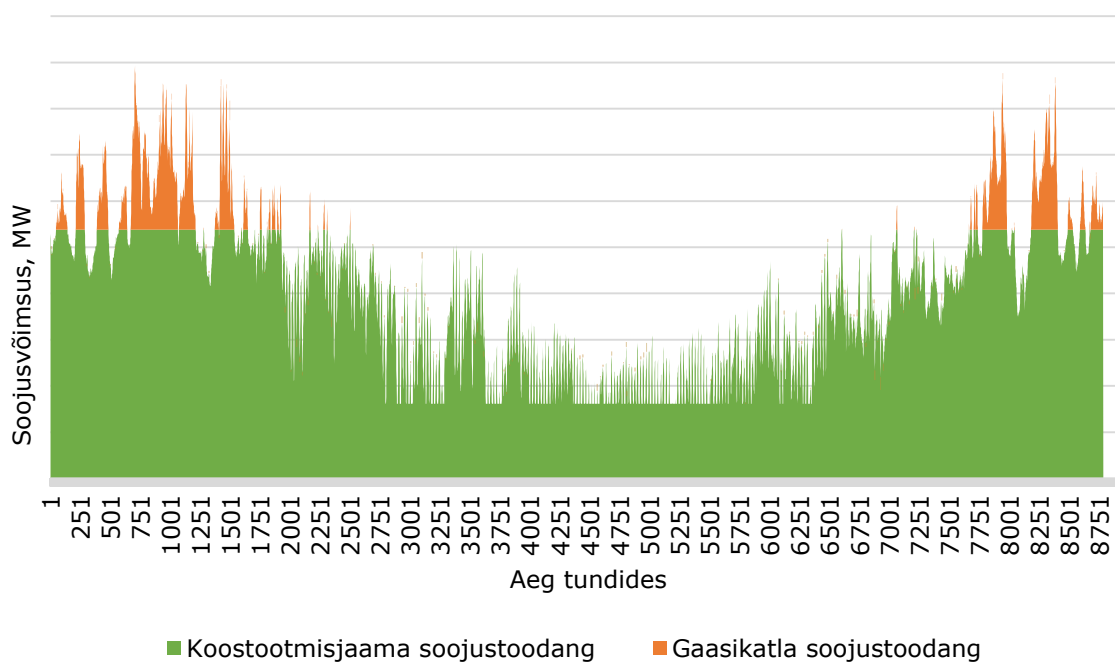
Elektritoodang

Koostootmisjaama elektritoodang arvutatakse valemiga 5.4.

$$E = \eta_{elekter} * K, \quad (5.4)$$

- kus E – koostootmisjaama elektritoodang, MWh;
 $\eta_{elekter}$ – koostootmisjaama elektriline kasutegur, %;
 K – koostootmisjaama kütusekulu, MWh.

Joonisel 5.8 on esitatud toodetud aastane soojustoodangu profiil, mis on koostatud igale soojusvõrgupiirkonnale (vt Lisa 3).



Joonis 5.8 Aastane soojuse toodangu profiil

5.5 Kulud

Koostootmisjaama kulud koosnevad esimesel aastal tehtud investeeringust, kütusekulust, käitluskuludest ning muutuvkuludest.

Koostootmisjaama investeering

Koostootmisjaama investeeringusumma leidmiseks kasutatakse valemit 5.5.

$$Kulu_{investeering} = erimaksumus * P_{elekter}, \quad (5.5)$$

- kus $Kulu_{investeering}$ – koostootmisjaama maksumus, €;
 $erimaksumus$ – koostootmisjaama erimaksumus, M€/MW_{el};
 $P_{elekter}$ – koostootmisjaama elektriline võimsus, MW.

Kütusega seotud kulu

Kütusemaksumuse arvutamiseks kasutatakse valemit 5.6.

$$Kulu_{kütus} = Hind_{kütus} * S, \quad (5.6)$$

- kus $Kulu_{kütus}$ – kütusega seotud kulu, €;
 $Hind_{kütus}$ – kütuse hind, €/MWh;
 S – koostootmisjaama soojustoodang, MWh.

Käitluskulu

Käitluskulu arvutamiseks kasutatakse valemit 5.7.

$$Kulu_{käitus} = Kulu_{investeering} * 2\%, \quad (5.7)$$

- kus $Kulu_{käitus}$ – käitluskulu, €;
 $Kulu_{investeering}$ – koostootmisjaama maksumus €.

Muutuvkulu

Muutuvkulu arvutamiseks kasutatakse valemit 5.8.

$$Kulu_{muutuv} = muutuvkulu * E, \quad (5.8)$$

- kus $Kulu_{muutuv}$ – muutuvkulu, €;
 $muutuvkulu$ – muutuvkulu toodetud elektriühiku kohta, €/MWhel;
 E – koostootmisjaama elektritoodang, MWh.

5.6 Tulud

Kaks tuluallikat koostootmisjaamal on soojus- ja elektrienergia müük.

Soojusenergia müügist saadud tulu leidmiseks kasutatakse valemit 5.9.

$$Tulu_{soojus} = Hind_{soojus} * S, \quad (5.9)$$

- kus $Tulu_{soojus}$ – soojusenergia müügist saadud tulu, €;
 $Hind_{soojus}$ – soojusenergia müük, €/MWh;
 S – koostootmisjaama soojustoodang, MWh.

Elektrienergia müügist saadud tulu leidmiseks kasutatakse valemit 5.10.

$$Tulu_{elekter} = Hind_{elekter} * E, \quad (5.10)$$

- kus $Tulu_{elekter}$ – elektrimüügist saadud tulu, €;
 $Hind_{elekter}$ – elektri müügihind, €/MWh;
 E – koostootmisjaama elektritoodang, MWh.

5.7 Rahavoogude prognoos, IRR

Rahavoogude leidmiseks on kasutatud valemit 5.11.

$$Rahavoog = -Kulud + Tulud, \quad (5.11)$$

- kus $Rahavoog$ – Raha liikumine, €;
 $Kulud$ – koostootmisjaamaga seotud kulud, €;
 $Tulud$ – koostootmisjaama elektri ja soojusega seotud tulud, €.

IRR-i leidmiseks on kasutatud rahavoogude peal funktsiooni =IRR(Rahavoog).

5.8 Elektri tootmisega kaasnevate tulude leidmine

Soovitud elektrienergia hinna leidmiseks kasutatakse Exceli funktsiooni *Goal Seek*. Selleks seatakse IRR väärtusele „6,1” muutes elektrienergia hinda.

Koostootmisjaama jaoks vajaminev toetus on arvatatud valemiga 5.12.

$$Toetus = Hind_{elekter} - Hind_{Nord Pool}, \quad (5.12)$$

kus $Toetus$ – koostootmisjaam vajaminev toetus, €/MWh;

$Hind_{elekter}$ – elektri müügihind, €/MWh;

$Hind_{Nord Pool}$ – Eesti piirkonna 2020. aasta keskmine elektri hind, €/MWh.

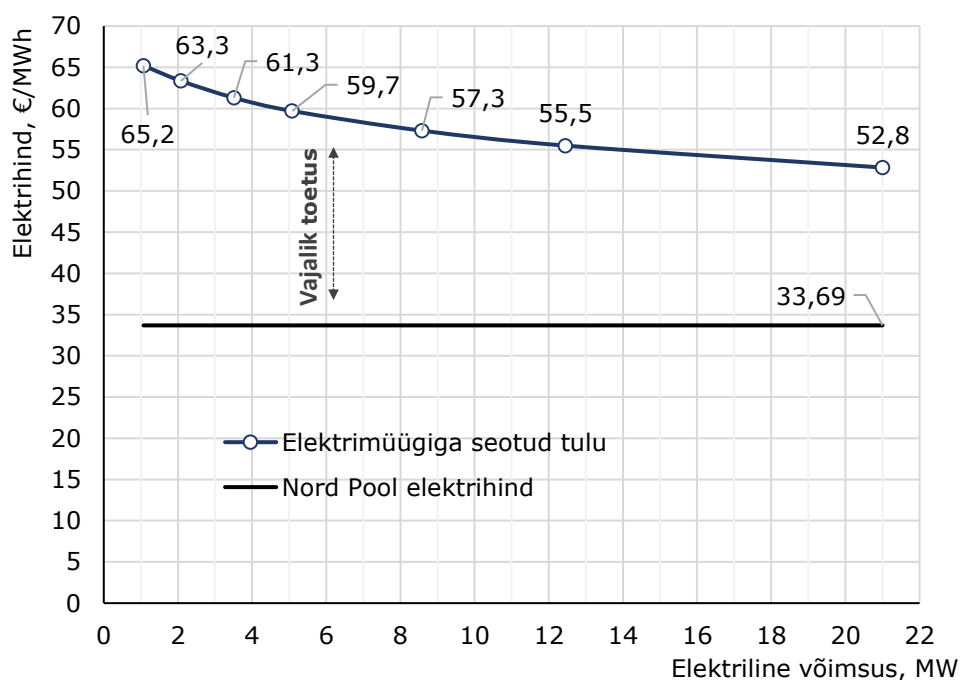
6. TULEMUSED JA ANALÜÜS

Tabelis 6.1 on esitatud referentstarbijatele vastavad koostootmisjaama näitajad. Tabelis on esitatud koostootmisjaama elektriline võimsus, elektrimüügiga seotud tulu (IRR=6,1%), Nord Pooli elektrihind (Eesti piirkonna 2020. aasta keskmine hind) ning arvutatud toetus.

Tabel 6.1 Leitud väärtused

Elektriline võimsus	Soojustarbimine	Elektrimüügiga seotud tulu	Nord Pool	Toetus
MW	MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh
1,07	30 000	65,20	33,69	31,51
2,08	50 000	63,35	33,69	29,66
3,51	75 000	61,30	33,69	27,61
5,08	100 000	59,70	33,69	26,01
8,58	150 000	57,31	33,69	23,62
12,45	200 000	55,50	33,69	21,81
21,00	300 000	52,84	33,69	19,15

Joonisel 6.1 on esitatud koostootmisjaama vajamineva toetuse suuruse sõltuvus koostootmisjaama elektrilisest võimsusest. Mida suurem on võrgupiirkonna soojustarbimine, seda suurem on koostootmisjaama elektriline võimsus ning seda väiksem selle koostootmisjaama jaoks vajaminev toetus.



Joonis 6.1 Koostootmisjaama vajalik toetuse suurus

Arvutustulemustest selgus, et kõik referentstarbijatele vastavad koostootmisjaamad vajavad toetust, väiksema elektrilise võimsusega koostootmisjaamad rohkem ning suurema elektrilise võimsusega koostootmisjaamad vähem.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada millise suurusega puidul põhinevad koostootmisjaamu peaks toetama ning kui suur peaks olema toetusmeede, et tagada nende investeringute tasuvus.

Vastavalt Euroopa Liidu kliimapaketile oli vaja Eestil 2020. aastaks suurendada energiatõhusust 20% võrra, tagada 20% energiavajadusest katmine taastuvate energiaallikatega ning vähendada kasvuhoonegaaside heitkogust võrreldes 1990. aastaga 20%. 2030. aastaks on aga vaja suurendada neid väärtuseid veelgi. Energiatõhusust on vaja suurendada 27% võrra, tagada on vaja 27% energiat taastuvatest energiaallikatest ning heitkoguseid on vaja vähendada 40% võrra.

Eestis toodetakse aastas kokku ligikaudu 9000 GWh soojust. Kõige enam kasutatakse katelseadmetes kütusena maagaasi ja puitkütust. Katelde arv on vähenenud 4562-lt (2019) 3430-le (2016). Kõige enam on vähenenud alla 1 MW võimsusega katlaid, üle 60 MW katelde arv on jäänud peaaegu samaks. Kogu aastane soojustarbimine on Eestis alla 6300 GWh, millest kaugküte moodustab umbes 70%. Järgmise 10 aasta jooksul on prognoositud soojusenergia tarbimise 10% vähenemist, mis võib tähendada, et keskmine soojustoodang väheneb katlamajades kuni 35%.

Euroopas toodetakse koostootmise abil ligi 11% elektrit ja 15% soojusenergiat. 2018. aastal toodeti Eestis Eleringi andmetel biomassist 1162 GWh elektrit, mis moodustas ligikaudu 59% kogu kodumaisest taastuvelektri toodangust. Eestis ei ole saavutanud Euroopa Liidu 2020. aastaks seatud koostootmise eesmärki, mis tähendab elektrienergia 20% brutotarbimist. 2018. aasta lõpu seisuga oli koostoodetud elektri osakaal elektri brutotarbimises 14,4%. Soojuse toodang on koostootmisjaamades kasvanud 2777 GWh-lt (2007) 4184 GWh-ni (2018). Koostootmisjaama soojuse toodangu osakaal kogu soojustoodangust moodustas 2019. aastal 43%. 2013. aastal oli kõige suurem koostootmise potentsiaal Tallinnas (125 MW_{el}) ning Tartus, Narvas ja Kohtla-Järvel (25-30 MW_{el}). 2019. aasta seisuga oli Eestis valmis ehitatud biomassil põhinevaid koostootmisjaamu koguvõimsusega 138,9 MW_{el}.

Täna on korruga jõus nii vana kui ka uus taastuenergia toetuskeem. Vana toetuskeemi aluselt on võimalik taotleda taastuenergia toetust kas 55,7 EUR/MWh elektrienergia eest, kui see on toodetud taastuvast energiaallikast tootmisseadmega (võimsus kuni 125 MW) või kui see on toodetud biomassist koostootmise režiimil. Toetust on veel võimalik taotleda 32 EUR/MWh elektrienergia eest, kui see on toodetud tõhusa koostootmise režiimil jäätmetest, turbast või põlevkivitöötlemise uttegaasist, või tõhusa koostootmise režiimil tootmisseadmega võimsusega kuni 10 MW. Uue

toetusskeemi järgi on võimalik saada toetust ainult siis, kui on võidetud vähempakkumine ning seda maksab Elering. Toetused on taastuvast energiaallikast elektrienergia tootmise puhul 53,7 EUR/MWh ning tõhusa koostootmise režiimil elektrienergia tootmise puhul 32 EUR/MWh.

Tasuvusajaga 20 aastat, IRR 6,1% ning elektrihinna 33,69 €/MWh juures vajavad soojustarbimisega kuni 300 000 MWh kõik koostootmisjaamad toetust. Kõige väiksema soojuskoormusega (30 000 MWh) võrgupiirkonnale vastav koostootmisjaam (1,07 MW_{el}) vajab toetust 31,51 €/MWh ning kõige suurema soojuskoormusega (300 000 MWh) võrgupiirkonnale vastav koostootmisjaam (21,00 MW_{el}) vajab toetust 19,15 €/MWh.

Koostootmisjaama tasuvus sõltub väga palju just elektri hinnast ning investeeringute mahust. Nii kaua, kui elektri hind märgatavalt ei kasva, või kui investeeringute mahud märgatavalt ei vähene, peab töös uuritud koostootmisjaamu toetama.

Antud lõputöö seoseid on võimalik kasutada koostootmisjaamade nii tehniliste kui ka majanduslike parameetrite leidmisel, nii kaua, kui võrgupiirkonna soojustarbimine ei ületa 580 GWh ning koostootmisjaama elektriline võimsus 50 MW.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] E. Kisel, „Ilustamata elektrivarustuskindlusest,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://leht.postimees.ee/7113086/einari-kisel-ilustamata-elektrivarustuskindlusest>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [2] Elering, „Taastuenergia,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://elering.ee/taastuenergia>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [3] H. Truuts ja R. Raudjärv, „Koostootmine kui energiasäästuvõimalus,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.stat.ee/dokumendid/51776>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [4] B. O. ERR, „Puidu põletamise eest saab ka uue kava alusel taastuenergia toetust,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.err.ee/1212670/puidu-poletamise-eest-saab-ka-uue-kava-alusel-taastuenergia-toetust>. [Kasutatud 18 12 2020].
- [5] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Soojusmajandus,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.mkm.ee/et/tegevused-eesmargid/energeetika/soojusmajandus>. [Kasutatud 9 12 2020].
- [6] Eesti Taastuenergia Koda, „Taastuenergia aastaraamat 2019,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://www.taastuenergeetika.ee/wp-content/uploads/2020/10/ETEK_aastaraamat_A4_2019_veeb.pdf. [Kasutatud 8 11 2020].
- [7] EUROOPA KONTROLLIKODA, „Energiat ja kliimamuutusi käsitlevad ELi meetmed”.
- [8] Keskkonnaministeerium, „Euroopa Liidu kliimaeesmärgid,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.envir.ee/et/EL-eesmargid#2020_eesmargid. [Kasutatud 13 12 2020].
- [9] Euroopa Parlament, „Kliima- ja energiapoliitika raamistik aastani 2030”.
- [10] „Energiamaajanduse arengukava aastani 2030,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.mkm.ee/sites/default/files/enmak_2030_koos_elamumajanduse_lisaga.pdf. [Kasutatud 13 12 2020].
- [11] Keskkonnaministeerium, „Euroopa Liidu kliimaeesmärgid,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.envir.ee/et/EL-eesmargid#2050_eesmargid. [Kasutatud 28 10 2020].
- [12] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Kütte ja jahutuse tõhususe võimalused Eestis,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.mkm.ee/sites/default/files/eesti_kutte_ja_jahutuspotentsiaali_hindamine_2016.pdf. [Kasutatud 13 12 2020].
- [13] Statistikaamet, „KE20: ELEKTRIENERGIA JA SOOJUSE TOOTMINE NING TOODANGUINDEKS (KUUD),” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__energeetika__energia-tarbimine-ja-tootmine__luhiajastatistika/KE20. [Kasutatud 09 01 2021].
- [14] Statistikaamet, „KE043: KATLAD JA NENDE TOODETUD SOOJUS KATLA LIIGI JÄRGI (1999-2016)”.
- [15] Statistika andmebaas, „KE044: KATLAD, NENDE VÕIMSUS JA TOODETUD SOOJUS MAJANDUSHARU JA KATLA LIIGI JÄRGI,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__energeetika__energia-tarbimine-ja-tootmine__aastastatistika/KE044. [Kasutatud 17 12 2020].
- [16] Eesti Arengufond, „Kaugkütte energiasääst,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://issuu.com/energiayhistud/docs/eesti-arengufond_kaugkutte-energiasaast. [Kasutatud 13 12 2020].
- [17] Elering, „5.6 Tõhus koostootmine ja koostootmise toetamine,” Elering, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat/5-taastuenergeetika/56-tohus-koostootmine-ja-koostootmise-toetamine>. [Kasutatud 26 10 2020].

- [18] Ü. Kask, „Lokaalsed energialahendused ettevõtetele. Tootmine ja salvestus,” 07 06 2016. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.koda.ee/sites/default/files/inline-files/U.Kask_Soojuse_ja_elektri_vaikekoostootmine_STEEEP.pdf. [Kasutatud 09 09 2021].
- [19] Eesti Füüsika Selts, „Auruturbiin ja külmik,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/4018#/section/4018>. [Kasutatud 3 11 2020].
- [20] COGEN Europe, COGEN Europe, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.cogeneurope.eu/knowledge-centre/what-is-cogeneration>. [Kasutatud 26 10 2020].
- [21] Filter, „Koostootmisjaamad,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://filter.ee/et/lahendused/votmed-katte-lahendused/koostootmisjaamad>. [Kasutatud 3 11 2020].
- [22] Energy Solutions Center, „Steam Turbines and Rankine Bottoming Cycle,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://understandingchp.com/chp-applications-guide/4-5-steam-turbines-and-rankine-bottoming-cycle/>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [23] A. Siirde, „Soojus ja elektri koostootmine,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.staff.ttu.ee/~asiirde/Loengud/soojussynergi/2011/Soojuse%20ja%20elekt ri%20koostootmine.doc>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [24] Mereviki, „Auruturbiin,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://merekivi.vta.ee/mediawiki/index.php/Auruturbiin>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [25] V. Tiit, S. Lember ja T. Kivisäkk, „Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/23905>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [26] Statistika andmebaas, „KE034: KOOSTOOTMISJAAMADE VÕIMSUS JA TOODANG,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__energeetika__energia-tarbimine-ja-tootmine__aastastatistika/KE034. [Kasutatud 17 12 2020].
- [27] Eesti Taastuvenergia Koda, „Taastuvenergia aastaraamat 2018,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2019/06/ETEK-Taastuvenergia-aastaraamat-2018.pdf>. [Kasutatud 30 11 2020].
- [28] Eesti Taastuvenergia Koda, „Taastuvenergia aastaraamat 2013,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2016/12/Taastuvenergia-aastaraamat-2013.pdf>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [29] Elering, „Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne 2019,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://elering.ee/sites/default/files/public/Infokeskus/elering_vka_2019_web_final2.pdf. [Kasutatud 06 01 2021].
- [30] M. Pöld, „TRINITI Estonia,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://triniti.ee/mis-variandid-on-taastuvenergia-toetuse-saamiseks/>. [Kasutatud 13 12 2020].
- [31] Eesti Taastuvenergia Koda, „Eesti Taastuvenergia Koda,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.taastuvenergeetika.ee/taastuvenergia-tasu-ja-voimalikud-toetused/>. [Kasutatud 26 10 2020].
- [32] H. Aaspõllu, „err.ee,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.err.ee/1112431/taastuvenergia-toetuses-ootab-taitmist-uhesamiljonine-auk>. [Kasutatud 7 11 2020].
- [33] Elering, „Taastuvenergia tasu,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://elering.ee/taastuvenergia-tasu>. [Kasutatud 17 11 2020].
- [34] Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing, „Kaugküte,” 2013.
- [35] Majandus- ja kommunikatsiooniminister, „Soojuse müügi ajutise hinna kehtestamise kord,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/101072011020>. [Kasutatud 08 01 2021].

- [36] V. Puusepp, „Soojusaudit OÜ,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.soojusaudit.ee/energiamargis/50-energiamargise-koostamine>. [Kasutatud 07 01 2021].
- [37] Hevac, „Välisõhu kestuskõver ja selle kasutamine kütte koormuse ja kulu,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.hevac.ee/wp-content/uploads/2016/04/kestuskover.pdf>. [Kasutatud 25 12 2020].
- [38] P. Clarke, J. Freihaut, B. Lin ja J. Pletcher, „A Guide to Utilizing Combined Heat and Power in the Wood Resources Industry,“ 2012.
- [39] P. Breeze, „Steam Turbine Combined Heat and Power Systems,“ Combined Heat and Power, 2018.
- [40] Konkurentsiamet, „Referentshinna rakendamise võimalused kaugküttesektoris,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/2015referentshinna_rakendamise_voimalused_kaugkutteseektoris.pdf. [Kasutatud 25 12 2020].
- [41] M. Welch, „IMPROVING THE FLEXIBILITY AND EFFICIENCY OF GAS TURBINE-BASED,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://etn.global/wp-content/uploads/2018/09/Improving-the-flexibility-and-efficiency-of-gas-turbine-based-distrivuted-power-plant.pd>. [Kasutatud 08 01 2021].
- [42] Nord Pool, „Day-ahead prices,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/EE/Yearly/?view=table>. [Kasutatud 09 01 2021].
- [43] EPA Combined Heat and Power Partnership, „Representative Biomass CHP System Cost and Performance,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/biomass_combined_heat_and_power_catalog_of_technologies_7._representative_biomass_chp_system_cost_and_performance_profiles.pdf. [Kasutatud 08 01 2021].
- [44] Energistyrelsen er en del af Klima-; Energi- og Forsyningsministeriet, „Energistyrelsen,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:m-woQprPWPgJ:https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/e_datablade_for_elect_and_dh_-_thermal_processes_march2018_.xlsx+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=ee&lr=lang_et%7Ciang_en. [Kasutatud 09 01 2021].
- [45] E. Thorin, J. Sandberg ja J. Yan, „Combined Heat and Power,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1057331/FULLTEXT01.pdf>. [Kasutatud 09 01 2021].
- [46] E. Kakaras, S. Karellas, A.-D. Leontaritis, K. Braimakis, V. Vrangos ja A. Doukelis, „Long term prospects of CHP,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.vgb.org/vgbmultimedia/FE398-p-12476.pdf>. [Kasutatud 09 01 2021].
- [47] Fortum Tartu, „Elekter,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.fortumtartu.ee/tooted-ja-teenused/elekter/>. [Kasutatud 09 01 2021].
- [48] Utilitas, „Utilitase uus jaam Väos on valmimas,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.utilitas.ee/utilitase-uus-jaam-vaos-on-valmimas/>. [Kasutatud 30 11 2020].
- [49] K. Sipilä, E. Pursiheimo, T. Savola, C.-J. Fogelholm, I. Keppo ja P. Ahtila, „Small-Scale Biomass CHP Plant and District Heating,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2005/T2301.pdf>. [Kasutatud 09 01 2021].
- [50] Danish Energy Agency, „Technology Data for Energy Plants for Electricity and District heating generation,“ 08 2016. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://refman.energytransitionmodel.com/publications/2092>. [Kasutatud 09 01 2021].

- [51] E. Alakangas ja M. Flyktman, „Biomass CHP technologies,” VTT Energy Reports, Jyväskylä, 2001.
- [52] M. Högskola, „Cartography of the flexibility services provided by heating/cooling, storage and gas technology and systems to the electricity system,” WPL/CO, 2019.
- [53] BNS, „Utilitas avas Mustamäel 48 miljoni eurose koostootmisjaama,” *Postimees*, 05 11 2019.
- [54] Graanul Invest, „Graanul Invest grupil valmis Imavere koostootmisjaam,” 25 01 2017. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.graanulinvest.com/est/uudised/76/graanul-invest-grupil-valmis-imavere-koostootmisjaam>. [Kasutatud 09 01 2021].
- [55] BNS, „Helme koostootmisjaama rajamiseks kulub 24 miljonit eurot,” *Postimees*, 06 01 2011.
- [56] K. Koppelmaa, „Kehra tehases avati pidulikult koostootmisjaam”.*Sõnumitooja*.
- [57] Kuressaare soojus, „Elektri ja soojuse koostootmisjaam avatud pidulikult 26.04.2013,” [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.kuressaaresoojus.ee/?p=533>. [Kasutatud 09 01 2021].
- [58] A. M. Pantaleo, S. Camporeale ja B. Fortunato, „Small scale biomass CHP: Techno-economic performance of steam vs gas turbines with bottoming ORC,” *Energy Procedia*, 2015.

LISAD

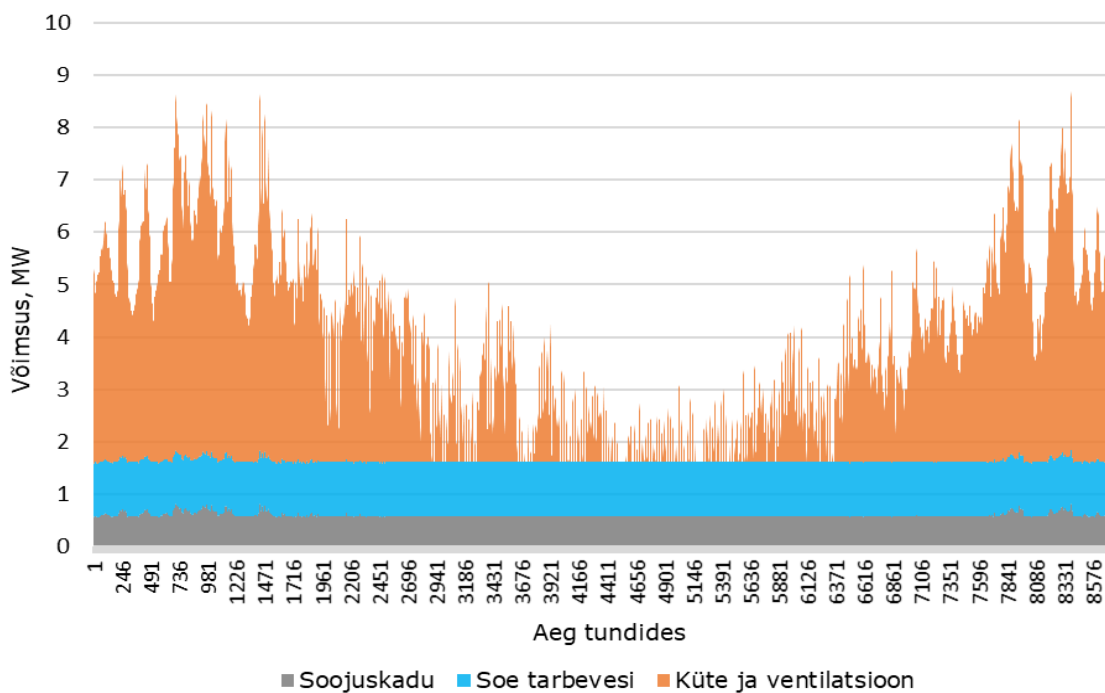
Lisa 1 Koostootmisjaamade andmebaas

Tabel 1 Koostootmisjaamade andmebaas

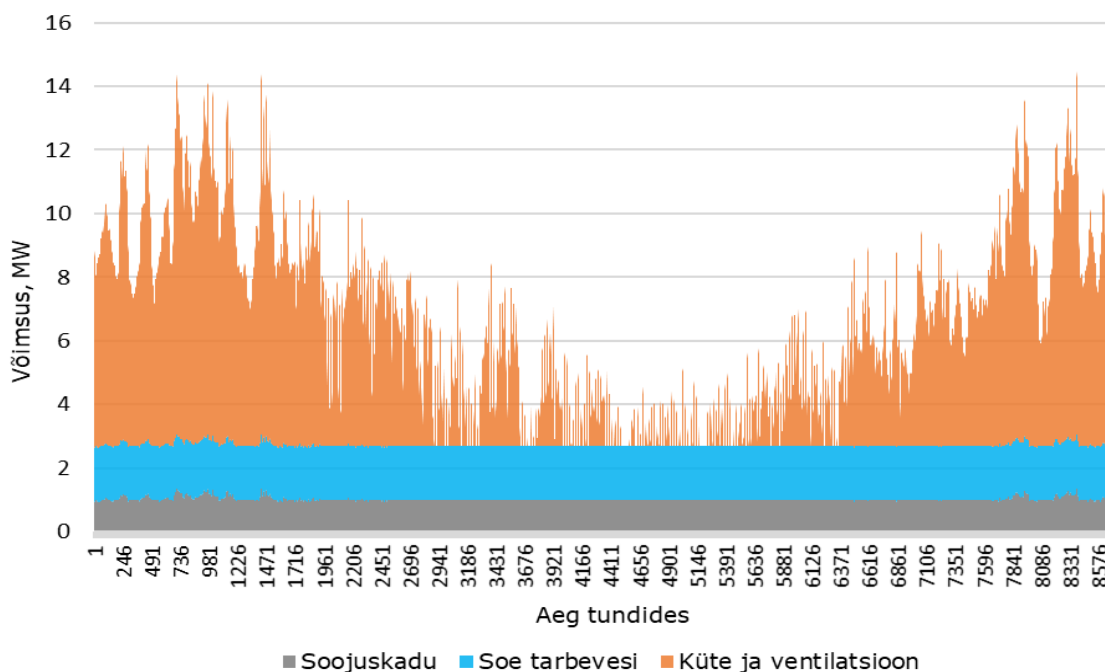
Jrk	Koostootmisjaam	Võimsus		Efektiivsus		Osaline koormus	Investeering	Kulud		Allikas
				Elektriline	Kokku	Minimaalne võimsus		Fikseeritud kätitsukulud	Muutukulud	
		MW _{el}	MW _{soojus}	%	%	%		ME/MW _{el}	€/MW/aasta	
1	Teoreetiline	50		29	64	30	4	0,1	4	[44]
2	Östersund, Rootsi	45	80		92	30				[45]
3	Eskilstuna, Rootsi	39	70		89	30				[45]
4	Vattenfall, Fynsverket, Taani	35	75	33		30				[45]
5	Skelleftea, Rootsi	33	57		91	30				[45]
6	MVR Rugenberger Damm, Saksamaa	29	70			30	8,75	0,22		[46]
7	Väo 1, Eesti	25	67	28,7	90,4	30	3,3	0,08	4,45	[18]
8	Pärnu KTJ, Eesti	24	50			30	3,33	0,08		[18]
9	Tartu KTJ, Eesti	22,1	50			30				[47]
10	Väo 2	21	76			30	3,1	0,08		[48]
11	Kankaanpää, Soome	20	50	26	89	30				[49]
12	Teoreetiline	18,4	80	21,9		30	9,3	0,23	5,8	[50]
13	Forssa, Soome	17,2	48	24	91	30	9,25	0,23		[51]
14	Kotka, Soome	17	56	21	90	30				[49]
15	Savonlinna, Soome	17	53	21	86	30				[49]
16	Lycksele, Rootsi	16	31		91	30				[45]
17	Teoreetiline	15				30			5,3	[52]
18	Iisalmi, Soome	14,7	30	31	93	30				[49]
19	Lycksele, Rootsi	14	28	32	84	30				[49]
20	Kristianstad, Rootsi	13,5	35	24	87	30				[49]
21	Hudiksvall, Rootsi	13	36	22	82	30				[49]
22	Ristiina, Soome	10	64	12	86	30				[49]
23	Mustamäe koostootmisjaam, Eesti	10	47			30	4,8	0,12		[53]
24	Sala, Rootsi	10	22	28	89	30				[49]

25	Teoreetiline	10		30	90	30	7	0,18	4	[44]
26	Imavere KTJ, Eesti	10	27		89	30				[54]
27	Liekisa, Soome	8	22	24	89	30				[49]
28	Gallivare Energi, Rootsi	8	20		85	30				[45]
29	Teoreetiline	7,9	35	21,4		30	10,7	0,27	5,8	[51]
30	Helme KTJ, Eesti	6,5	15			30	3,69	0,09		[55]
31	Kuusamo, Soome	6,1	17,6	22	86	30				[49]
32	Kankaanpää, Soome	6	17	23	89	30				[49]
33	Värnamo, Rootsi	5,5	9	30	76	30				[49]
34	Kuhmo, Soome	4,8	12,9	24	88	30				[49]
35	Kehtra KTJ, Eesti	4,4	25			30	4,55	0,11		[56]
36	Teoreetiline	4,3		25		30	7	0,18	4	[44]
37	Lomma, Rootsi	3,5	14	19	93	30				[49]
38	MalÅ, Rootsi	3	10	18	85	30				[49]
39	Teoreetiline	3				30			7,9	[52]
40	Vilppula, Soome	2,9	22,5	10	85	30				[49]
41	Teoreetiline	2,9	20	13,5		30	6,7	0,17	7,8	[50]
42	Kuressaare KTJ, Eesti	2,3	9,6			30	5,22	0,13		[57]
43	Paide KTJ, Eesti	1,7	8			30	4,71	0,12		[18]
44	Renko, Soome	1,3	8	12	85	30				[49]
45	Rakvere KTJ	1	10			30				[51]
46	Rakvere Päikese tn 4 KTJ	0,9	5,3			30				[51]
47	Teoreetiline	0,5				30			8,8	[52]
48	Teoreetiline	0,1	1	10,3		30	7,2	0,18		[58]

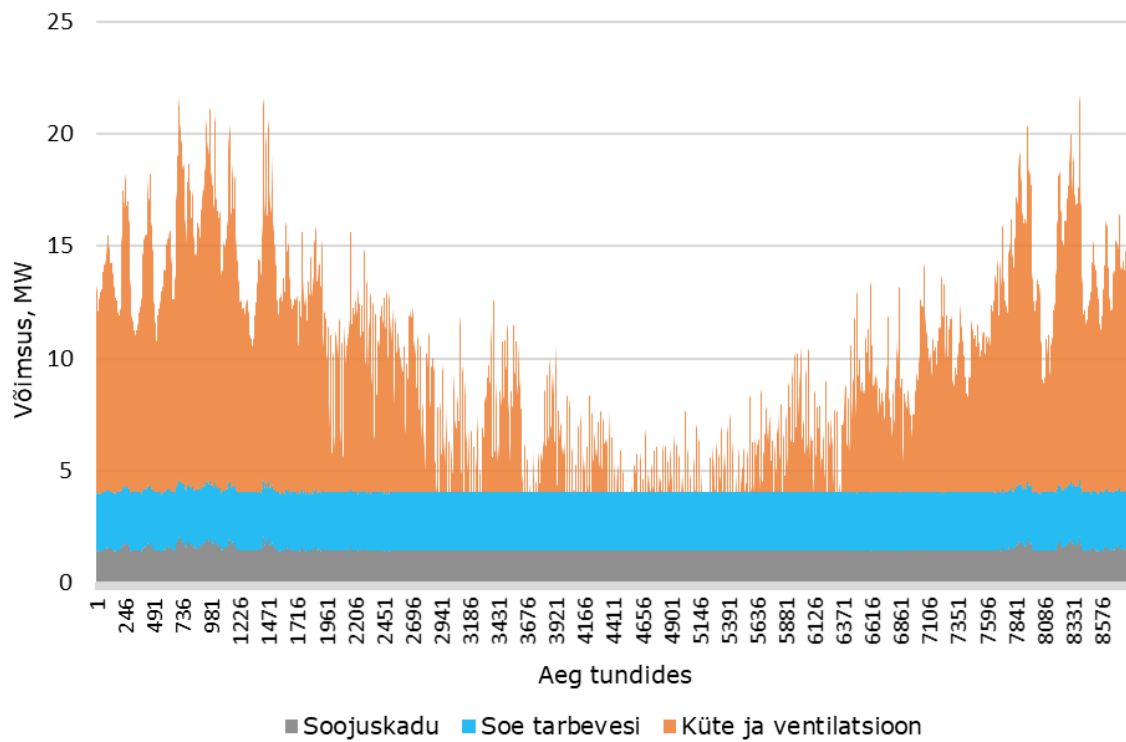
Lisa 2 Tarbimise soojuskoormuse kestvusgraafikud soojustarbimisega 30 000 MWh, 50 000 MWh, 75 000 MWh, 100 000 MWh, 150 000 MWh, 200 000 MWh ning 300 000 MWh



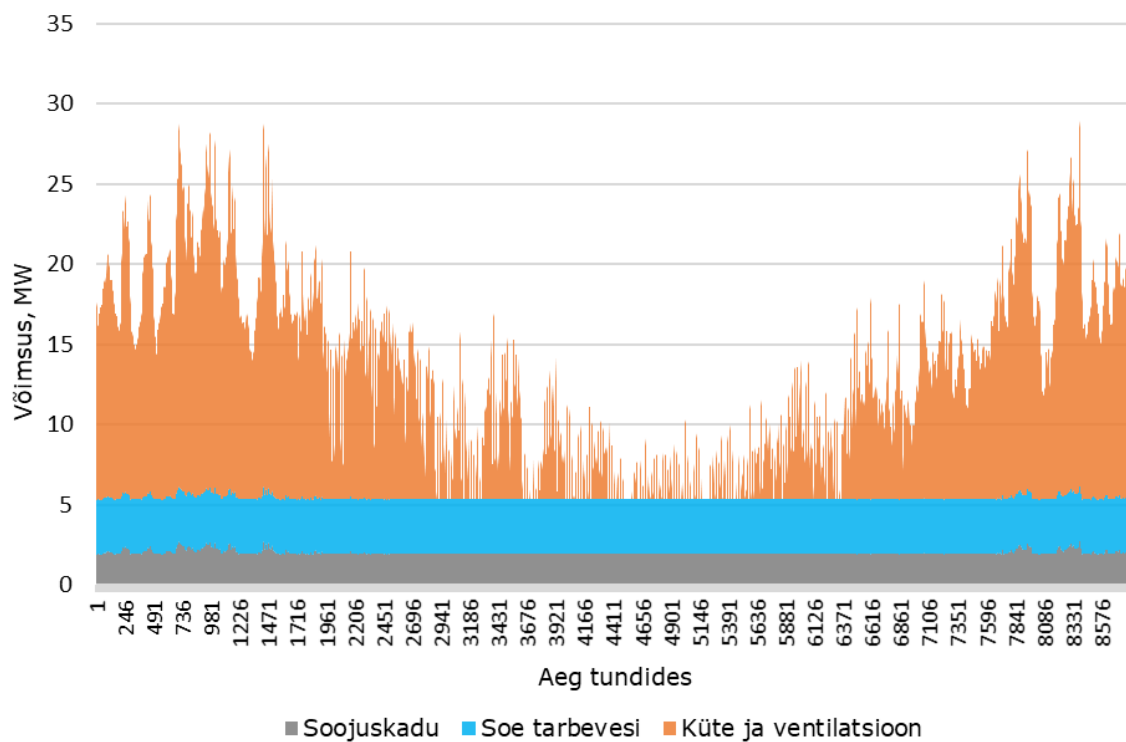
Joonis 1 Soojuskoormuse kestvusgraafik 30 000 MWh soojustarbimise juures



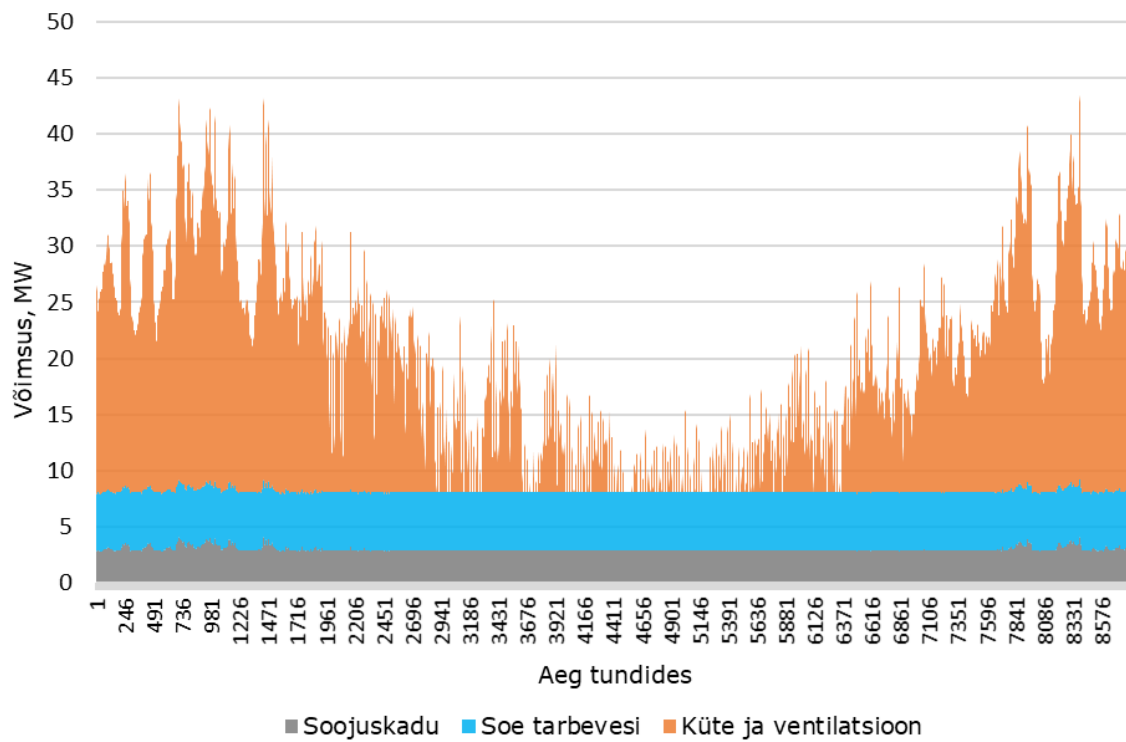
Joonis 2 Soojuskoormuse kestvusgraafik 50 000 MWh soojustarbimise juures



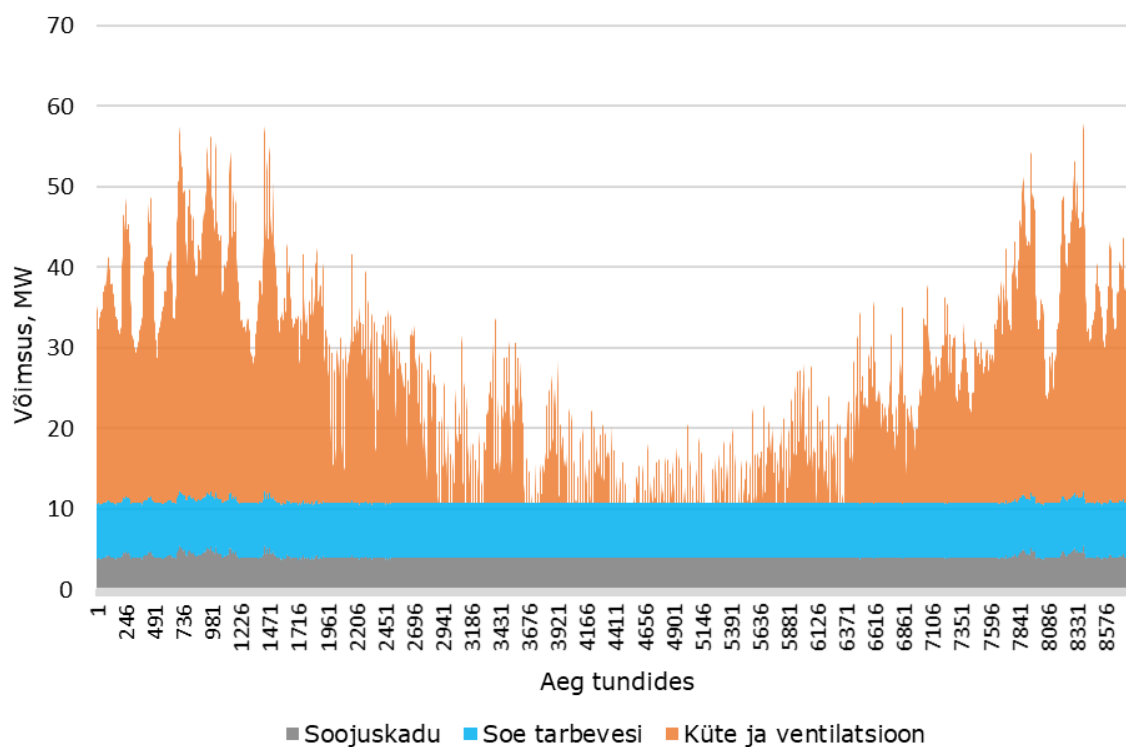
Joonis 3 Soojuskoormuse kestvusgraafik 75 000 MWh soojustarbimise juures



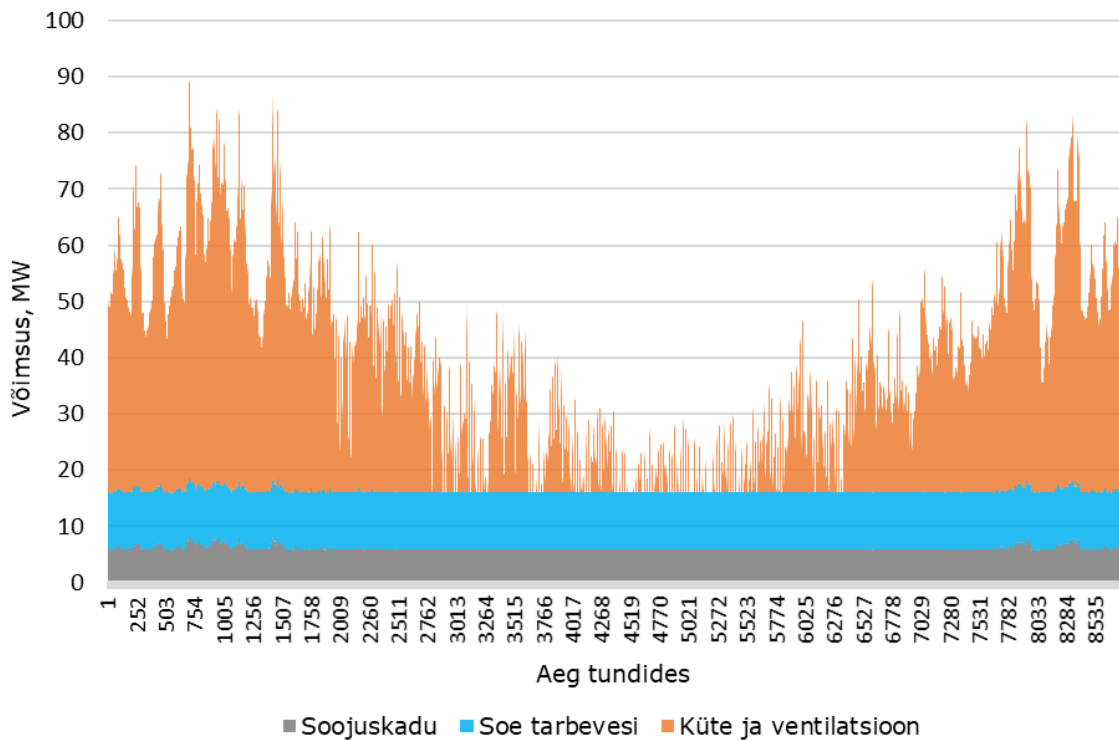
Joonis 4 Soojuskoormuse kestvusgraafik 100 000 MWh soojustarbimise juures



Joonis 5 Soojuskoormuse kestvusgraafik 150 000 MWh soojustarbimise juures

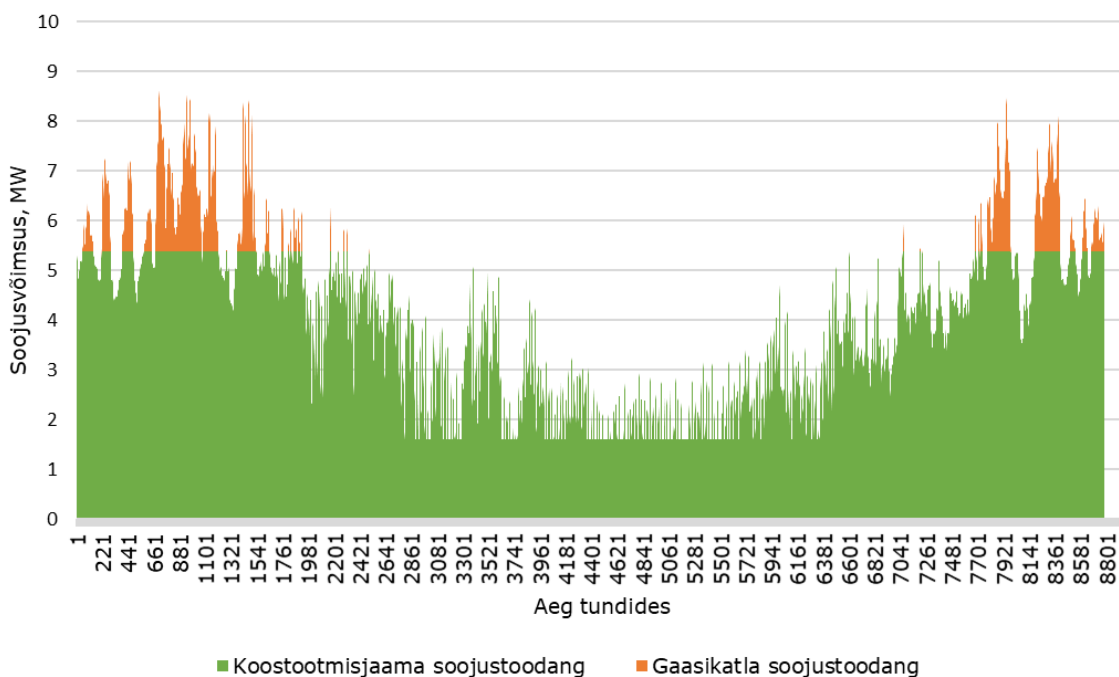


Joonis 6 Soojuskoormuse kestvusgraafik 200 000 MWh soojustarbimise juures

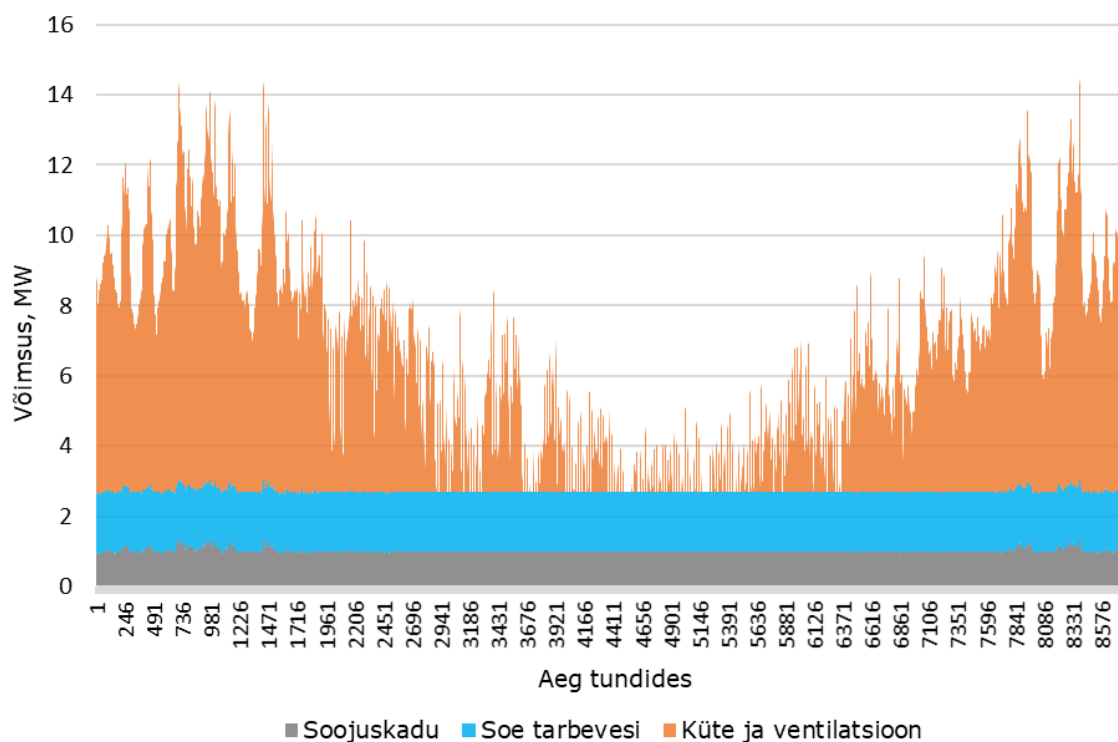


Joonis 7 Soojuskoormuse kestvusgraafik 300 000 MWh soojustarbimise juures

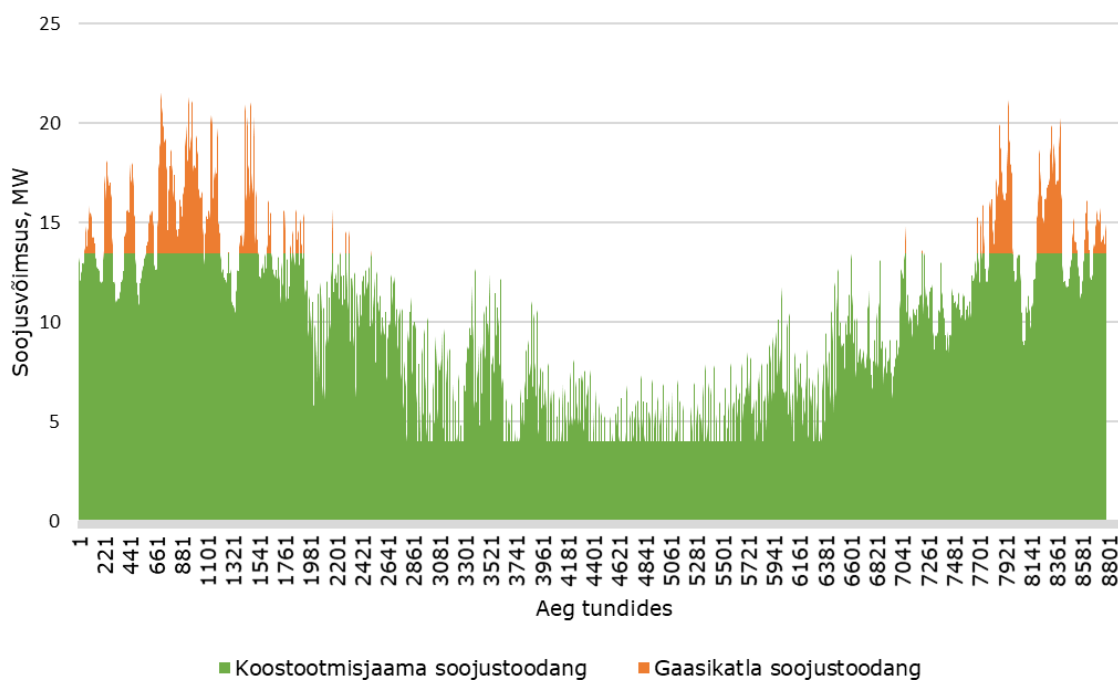
Lisa 3 Soojustoodang soojustarbimisega 30 000 MWh, 50 000 MWh, 75 000 MWh, 100 000 MWh, 150 000 MWh, 200 000 MWh ning 300 000 MWh



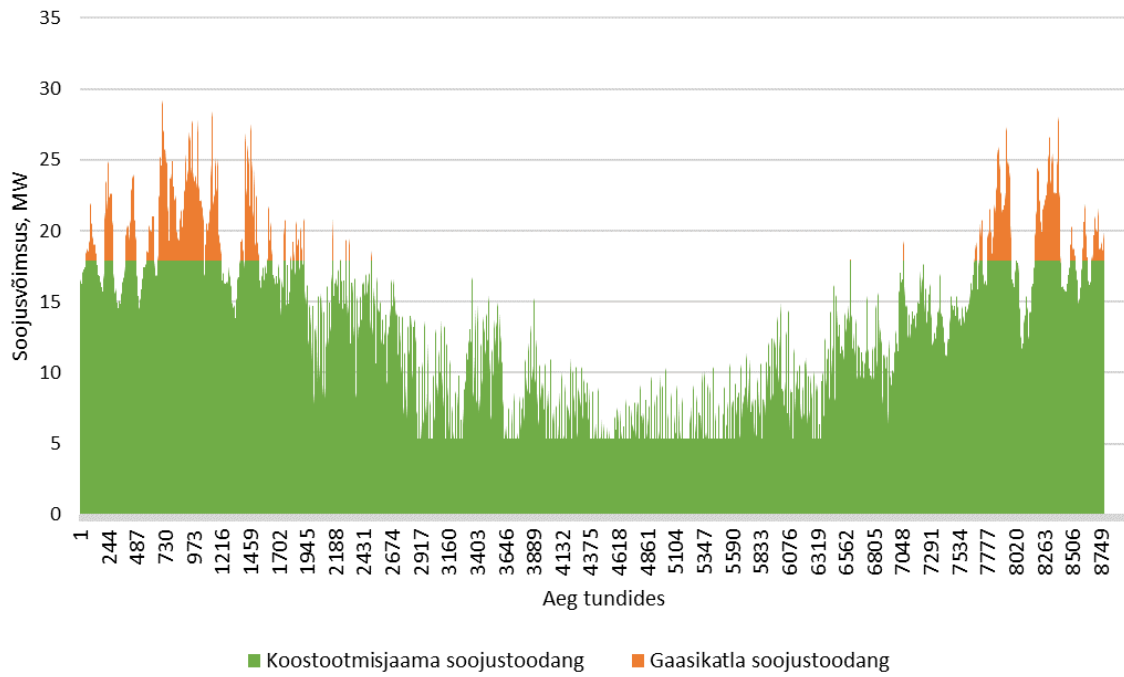
Joonis 8 Soojustoodang soojustarbimisega 30 000 MWh



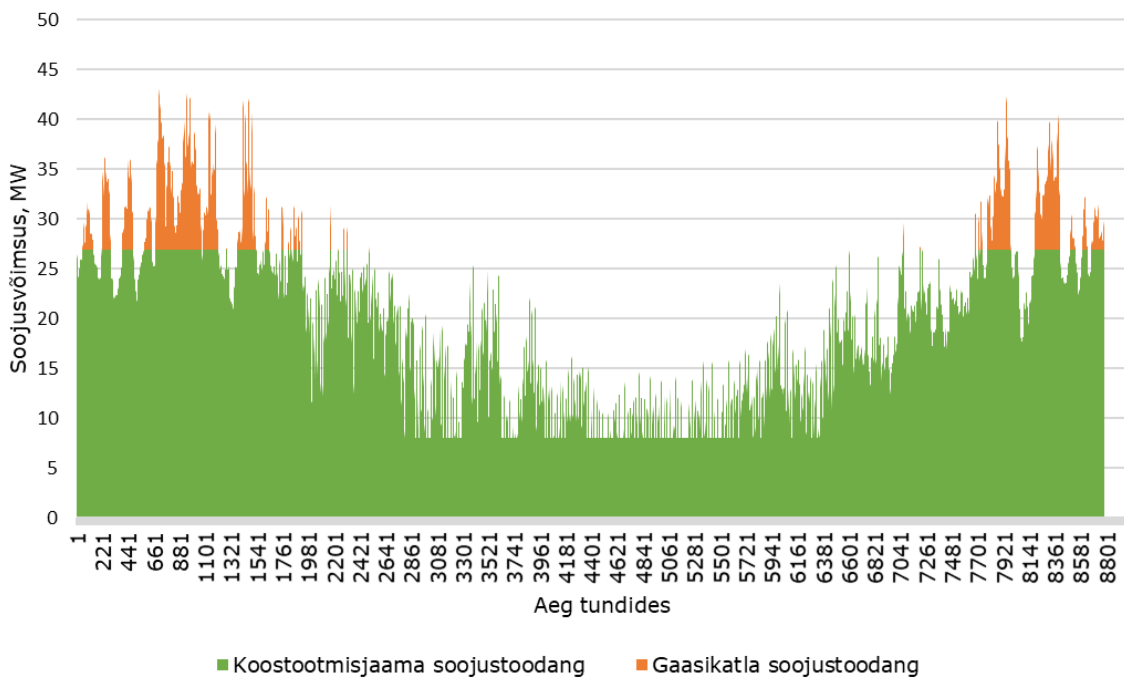
Joonis 9 Soojustodang soojustarbimisega 50 000 MWh



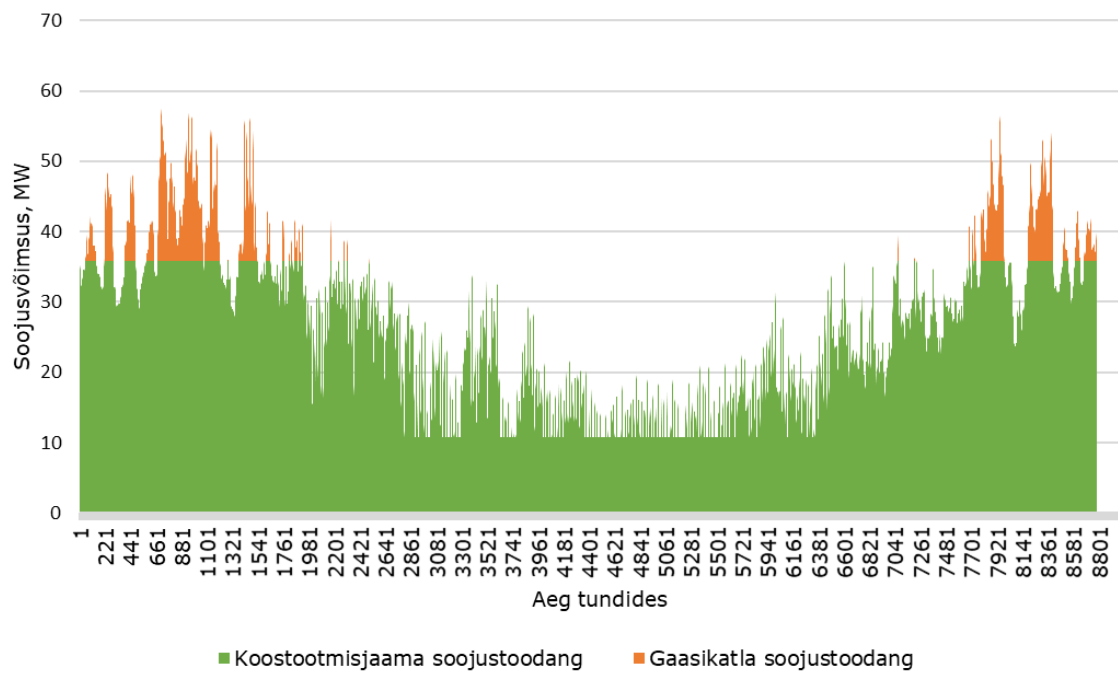
Joonis 10 Soojustodang soojustarbimisega 75 000 MWh



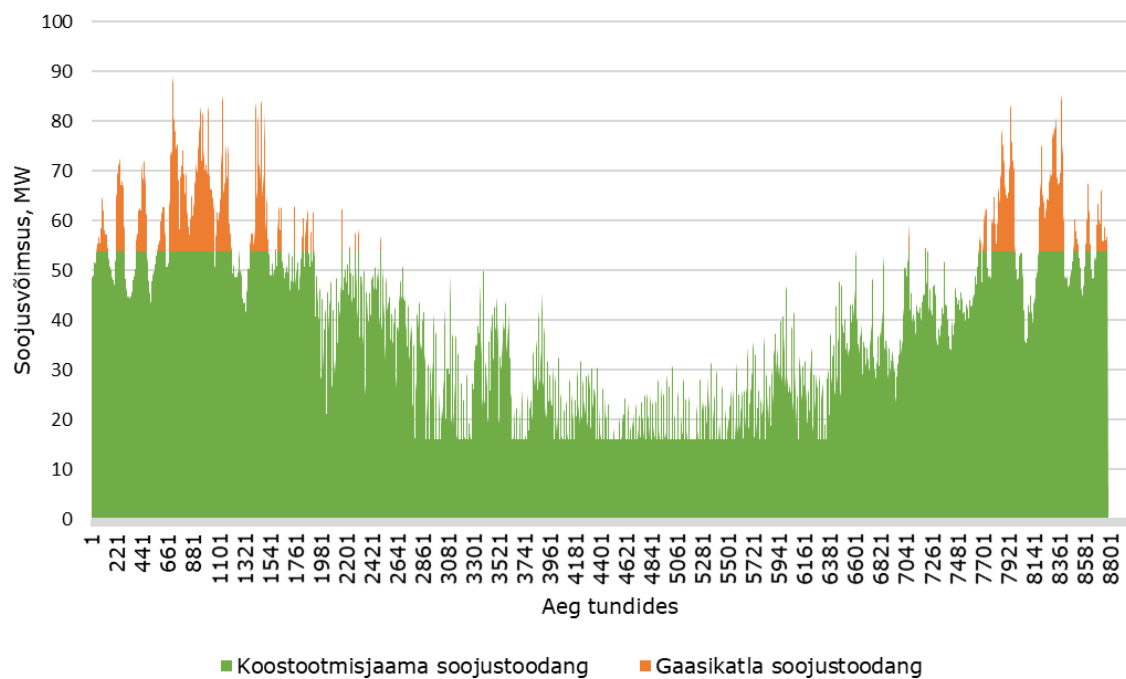
Joonis 11 Soojustoodang soojustarbimisega 100 000 MWh



Joonis 12 Soojustoodang soojustarbimisega 150 000 MWh



Joonis 13 Soojustoodang soojustarbimisega 200 000 MWh



Joonis 14 Soojustoodang soojustarbimisega 300 000 MWh

SUMMARY

The aim of this dissertation was to find out what size biomass cogeneration plants should be supported and how large the support measure should be to ensure the return on their investment.

According to the European Union's climate package, Estonia needed to increase energy efficiency by 20% by 2020, ensure that 20% of its energy needs are covered by renewable energy sources and reduce greenhouse gas emissions by 20% compared to 1990. However, by 2030, these values need to be further increased. Energy efficiency needs to be increased by 27%, renewable energy needs to be guaranteed at 27% and emissions must be reduced by 40%.

A total of approximately 9,000 GWh of heat is produced annually in Estonia. Natural gas and wood fuel are mostly used as fuel in boilers. The number of boilers has decreased from 4562 (2019) to 3430 (2016). Boilers with a capacity of less than 1 MW have decreased the most, the number of boilers with a capacity of more than 60 MW has remained almost the same. The total annual heat consumption in Estonia is less than 6300 GWh, of which district heating makes up about 70%. Over the next 10 years, heat consumption is projected to decrease by 10%, which may mean that average heat production in boiler houses will decrease by up to 35%.

In Europe, cogeneration produces almost 11% of electricity and 15% of heat. In 2018, according to Elering, 1162 GWh of electricity was produced in Estonia from biomass, which accounted for approximately 59% of the total domestic renewable electricity production. Estonia has not achieved the European Union's 2020 target for cogeneration, which means 20% of gross electricity consumption. As of the end of 2018, the share of cogenerated electricity in gross electricity consumption was 14.4%. Heat production in cogeneration plants has increased from 2777 GWh (2007) to 4184 GWh (2018). The share of heat production of a cogeneration plant in the total heat production in 2013 was 43%. In 2013, the largest cogeneration potential was in Tallinn (125 MW_{el}) and Tartu, Narva and Kohtla-Järve (25-30 MW_{el}). As of 2019, biomass-based cogeneration plants with a total capacity of 138.9 MW_{el} were completed in Estonia.

Today, both the old and the new renewable energy support scheme are in force at the same time. Under the old support scheme, it is possible to apply for a renewable energy subsidy of either 55.7 EUR / MWh for electricity if it is produced from a renewable energy source with a production unit (capacity up to 125 MW) or if it is produced from biomass in cogeneration mode. It is still possible to apply for support for 32 EUR / MWh of electricity if it is produced in the efficient cogeneration mode from waste, peat or oil

shale processing effluent gas, or in the efficient cogeneration mode with a production equipment with a capacity of up to 10 MW. According to the new support scheme, it is possible to receive support only if the lower bid has been won and it is paid by Elering. The subsidies are 53.7 EUR / MWh for electricity production from renewable energy sources and 32 EUR / MWh for electricity production in efficient cogeneration mode.

With a payback period of 20 years, an IRR of 6.1% and an electricity price of € 33.69 / MWh, all cogeneration plants with heat consumption need support. A cogeneration plant (1.07 MW_{el}) corresponding to the network area with the lowest heat load (30,000 MWh) needs support 31.51 €/MWh and a cogeneration plant corresponding to the network area with the highest heat load (300,000 MWh) (21.00 MW_{el}) needs support 19.15 €/MWh.

The profitability of a cogeneration plant depends very much on the price of electricity and the volume of investments. As long as the price of electricity does not increase significantly, or if the volume of investments does not decrease significantly, the cogeneration plants studied in the work must be supported.

The connections of this thesis can be used to find both technical and economic parameters of cogeneration plants, as long as the heat consumption of the network area does not exceed 580 GWh and the electrical capacity of the cogeneration plant is 50 MW.