



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut



Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

ANNIKORU TERAVILJAKESKUSE
ENERGIAMAJANDUSE ANALÜÜS JA SOOVITUSED
EDASPIDISEKS JÄTKUSUUTLIKUKS ARENDAMISEKS

ANALYSIS OF THE ENERGY SECTOR IN ANNIKORU GRAIN CENTER AND
RECOMMENDATIONS FOR THE FUTURE SUSTAINABLE DEVELOPMENT

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Märk Mõtus
Üliõpilaskood: 163343AAHM
Juhendaja: Toomas Vinnal
Juhendaja: Alar Astover

Tallinn, 2018.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.

“25 ” mai. 2018

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Märt Mõtus	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Annikoru teraviljakeskuse energiamajanduse analüüs ja soovitused edaspidiseks jätkusuutlikuks arendamiseks	
<i>Kuupäev:</i> 25.05.2018	83 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut	
<i>Töö juhendaja(d):</i> Toomas Vinnal, Alar Astover	
<i>Töö konsultant (konsultandid):</i> Madis Ajaots	
<i>Sisu kirjeldus:</i> <p>Järjest intensiivistuv tootmine ja nõudluse kasv kvaliteetse energia järele on pannud otsima keskkonda säästvamaid ja ka tootmise mõistes odavamaid lahendusi tagamaks Annikoru Teraviljakeskuse stabiilne ja efektiivne töö.</p> <p>Magistritöö on koostatud viisil, et ka lugejad, kel puuduvad erialased teadmised antud valdkonnast, suudavad mõista töö sisu ja visualiseerida enda jaoks antud ettevõtte energiatarbimise ja uudsete lahenduste kaasamise positiivse mõju.</p> <p>Käesoleva lõputöö eesmärk on kaardistada Annikoru Teraviljakeskuse energiatarbimise struktuur, luua elektritarbimise koormusgraafik ja analüüsida energiasäästuvõimalusi võttes kasutusele taastuvaid energiaallikaid.</p> <p>Töö käigus selgus, et Annikoru teraviljakeskusel on praeguse kasutusel oleva põlevkivi õli asenduseks potentsiaalseid alternatiive ning samuti elektrienergia kohapealseks tootmiseks leidub turul keskkonna-sõbralikke majanduslikult soodsaid lahendusi.</p>	
<i>Märksõnad:</i> Bioenergia, teraviljajäägid, päikeseenergia, alternatiivne kütus, katlad	

Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Märt Mõtus	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Analysis of the energy sector in Annikoru Grain Center and recommendations for the future sustainable development.	
<i>Date:</i> 25.05.2018	83 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology School of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Toomas Vinnal, Alar Astover	
<i>Consultant(s):</i> Madis Ajaots	
<i>Abstract:</i> <p>The more increasing production and need for high quality energy has set a search for environment friendly and cheaper alternatives in order to maintain stable and effective work in Annikoru Grain Centre.</p> <p>The thesis is constructed in a manner assisting the reader without prior knowledge of the topic to understand the basis of the work and visualize for themselves Annikoru Grain Centre energy usage and positive effects of modern solutions.</p> <p>The aim of this paper is to survey the company's energy sector, lay down visual graphic of the energy load and to analyze possibilities to save more energetical values using more renewable sources to produce energy.</p> <p>It turned out from the thesis, that the Annikoru Grain Center has potential alternatives to replace shale oil, that is used at the moment, and there are many environment friendly and economically favorable options for their own place-based consumption of the electric energy.</p>	
<i>Keywords:</i> Bioenergy, cereal waste, solar energy, alternative fuel, heaters	

SISUKORD

Lõputöö ülesanne.....	6
Teema põhjendus:	6
Töö eesmärk:.....	6
Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:.....	7
Lähteandmed:.....	7
Lõputöö konsultant	8
Eessõna	9
Sissejuhatus.....	10
1. Objekti kirjeldus	12
1.1. Ettevõtte tegevusala kirjeldus.....	12
1.2. Ülevaade soojusenergia tootmissüsteemist	15
1.3. Ülevaade elektrisüsteemist	19
1.4. Soojusenergia tarbimise ajalugu.....	22
1.5. Ettevõtte elektrienergia tarbimise analüüs.....	23
2. Alternatiiv põlevkiviõlil töötavale katlamajale.....	29
2.1. Põhk, hein, viljajäägid	29
2.2. Puiduhakke tootmisvõimalus.....	31
2.3. Katla valik ja tasuvusanalüüs	33
2.4. Tuha kasutamine väetisena.....	37
2.5. Soovitused olemasoleva süsteemi optimeerimiseks	39
3. Päikeseenergia	40
3.1. Päikeseenergiast üldiselt Eestis	40
3.2. Liitumine elektrivõrguga ja päikesejaama võimsus	43
3.3. Asendiplaan	45
3.4. Modelleerimistarkvara EnergyPRO	48
3.5. 10 kW päikesejaama tasuvusanalüüs Annikoru teraviljakeskusesse.....	49
3.6. 100 kW päikesejaama tasuvusanalüüs Annikoru teraviljakeskusesse.....	54
3.7. 200 kW päikesejaama tasuvusanalüüs Annikoru teraviljakeskusesse.....	58
3.8. Tasuvuse analüüs sõltuvalt päikesejaama võimsusest.....	62
Kokkuvõte	64
Kasutatud kirjandus	66
Lisad	70
Lisa 1. Ostetud põlevkiviõli kogused ja hinnad 2013-2017. aastal.....	71
Lisa 2. Kulutused elektrienergiale 2013. ja 2014. aastal.....	72
Lisa 3. Kulutused elektrienergiale 2015. ja 2016. aastal.....	73
Lisa 4. Kulutused elektrienergiale 2017. aastal ja keskmiselt perioodil 2013-2017.a.	74
Lisa 5.1. Hakkekatla NTS-A2500 hinnapakumine	75
Lisa 5.2.....	76
Lisa 6. Hakkekatla Bio 1600 hinnapakumine	77
Lisa 7.1. Elektrilevi tehnilised tingimused 200 kW jaamale.....	78
Lisa 7.2.....	79
Lisa 8. AU Energiateenus OÜ eelkalkulatsioon päikeseelektrijaamale	80
Lisa 9. 10, 50, 100 ja 150 kW päikesejaamade hindade tuletamine	81
Lisa 10. 50 kW kohapeal tarbitud energia, võrku müük, võrgust ost	82
Lisa 11. 150 kW kohapeal tarbitud energia, võrku müük, võrgust ost	83

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema:	Annikoru teraviljakeskuse energiamajanduse analüüs ja soovitused edaspidiseks jätkusuutlikuks arendamiseks
Üliõpilane:	Märt Mõtus, 163343 AAHM
Eriala:	Hajaenergeetika
Lõputöö liik:	Magistritöö
Lõputöö juhendaja:	Toomas Vinnal, Alar Astover
Lõputöö ülesande kehtivusaeg:	01.01.2019
Lõputöö esitamise tähtaeg:	25.05.2018

Üliõpilane (allkiri) Juhendaja (allkiri) Juhendaja (allkiri) Instituudi direktor (allkiri)

Teema põhjendus:

Annikoru teraviljakeskus on uurimiseks ideaalne hajaenergeetika objekt, mille praegune ja taastumatutel allikatel põhinev energiavarustus vajab majanduslikult tasuvaid keskkonnasõbralikke lahendusi. Hetkel puudub konkreetne ülevaade energiatarbest ja säästuvõimalustest. Soojusenergia tootmiseks tuleb analüüsida alternatiive- kas on majanduslikult mõistlikke alternatiive põhu, heina või hakkepuidu näol asendamaks põlevkiviõli. Samuti on oluline kontrolli alla saada kulutused elektrienergiale. Suve lõpus suureneb ettevõtte elektrienergia tarbimine mitmekordselt. Kuna suve lõpus on veel mõistlikult pikad päevad, tasub uurida päikeseelektrijaama tasuvust antud objektile.

Töö eesmärk:

Töö eesmärgiks on kaardistada ettevõtte energiatarbimise struktuur, elektritarbimise koormusgraafik ja analüüsida energiasäästuvõimalusi. Töö käigus kirjeldatakse ettevõtte tegevusi ja protsesse. Kuna vilja kuivatusvajadus sõltub ilmaoludest, siis analüüsitakse viimase 5 aasta keskmisi kulusid vilja kuivatamiseks, et saada adekvaatseid tulemusi. Sellele tuginedes pakutakse välja parimad lahendused soojus- ja elektrienergia tootmiseks. Kuna ettevõttel on

palju põllumajanduslikke jääkprodukte, mida on võimalik muundada soojuseks, siis selgitatakse välja, kas on tulus näiteks põhu või heina kogumine ja põletamine soojusenergia tootmiseks. Lisaks soojusenergiale kirjeldatakse elektrisüsteemi, tuuakse välja elektrienergia tarbimine ja energia säästu võimalused. Koostatakse ka tasuvusarvutused päikesejaama rajamiseks.

Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- Kas on võimalik asendada põlevkiviõlil töötavad katlamajad taastuva energiaallikaga?
- Kas turul leidub sobivat katelt antud objektile?
- Kas ettevõttel on piisavalt tootmise kõrvalprodukte, millest oleks võimalik energiat toota?
- Kas ettevõttel on võimalik vajaminevat hakkpuitu stabiilselt ise toota?
- Kas tuhk leiaks kasutust väetisena?
- Kas on võimalik elektrienergia tarvet katta PV paneelidega?
- Kas 200 kW võimsusega päikesejaam on piisava suurusega ja tasuv antud objektile?
- Madal energiatarve suve esimestel kuudel- kas tasub võrku müüa?
- Kui tasuvad on majanduslikult välja pakutud lahendused?

Lähteandmed:

- erialane kirjandus
- teadusartiklid
- internet
- juhendajalt saadud materjalid
- ettevõtte poolt saadud algandmed
 - a. Teraviljakuivati soojusenergia tootmine ja tarbimine
 - b. Teraviljakuivati elektrienergia tarbimine sõltuvalt hooajast
 - c. Suuremate elektriseadmete võimsused ettevõtte süsteemis
 - d. Potentsiaalsete alternatiivide olemasolu fossiilsetele kütustele (põhk, vili, hakkepuit)
 - e. Ettevõtte tegevuse iseloomustus

Lõputöö konsultant

Madis Ajaots (allkiri, kuupäev)

EESSÕNA

Praeguse kiiresti areneva maailma nõudlus stabiilse ja kvaliteetse elektrienergia järele kasvab iga päevaga. Oodatud on uued visioonid asendamaks või täiustamaks vanemaid eksisteerivaid senini töötanud lahendusi. Eesmärk on jõuda võimalikult säästliku, kuid samaaegselt efektiivse energiatootmiseni ning optimaalse tarbimiseni.

Käesoleva lõputöö eesmärk on kaardistada Annikoru Teraviljakeskuse energiatarbimise struktuur, luua elektritarbimise koormusgraafik ja analüüsida energiasäästuvõimalusi võttes kasutusele taastuvaid energiaallikaid.

Töö autor tahab tänada juhendajaid Toomas Vinnalit ja Alar Astoveri asjalike kommentaaride ja põhjalike nõuannete eest nii antud töö sisu koostamisel kui ka vormistamisel.

Töö autor Märt Mõtus elab Eestis, Tartumaal, Tartus, Pärna 10-90, postiidex 50604. Autoriga on võimalik kontakteeruda telefoni numbril +372 5296 253 või e-maili teel mt.motus@gmail.com.

SISSEJUHATUS

Tänapäeva kiiresti arenevas maailmas kasvab iga päevaga nõudlus stabiilse ja kvaliteetse elektri- ja soojusenergia järele. Viimase 40 aasta globaalne statistika näitab, et keskmiselt kasvab aastas energiatarbimine 3% ning on seotud tihedalt majanduskasvuga [1]. Olukorras kus majandus ja energiatarbimine kasvavad, tuleb leida uusi ja tõhusamaid ressursse energia tootmiseks. Et majanduskasvu soodustada ja ära kasutada kõige ratsionaalsemalt olemasolevaid võimalusi, tuleb teha energiatarbimises kompromisse. Üheltpoolt tulevad peale üha uuemad ja energiasäästlikumad tehnoloogiad (nt LED-valgustus, ruumide kütte ja ventilatsiooni vajaduspõhine juhtimine, biokütused), kuid kasutusele võetakse ka üha ebastabiilsemaid taastuvenergiaallikaid, mis nõuab hoolikat analüüsi ja põhjalikke arvutusi. Uued ja kvaliteetsed seadmed on kallid ega suuda konkureerida aastakümneid turgu valitsevate odavate seadmetega. Sel põhjusel on loodud ka riiklikud investeeringutoetused ja subsiidiumid taastuvate loodusvarade kasutuselevõtuks. Euroopa liidu liikmesmaades on kehtestatud taastuvenergia arenduseesmärgid, mille kohaselt tuleb laiendada taastuvenergia kasutust [2].

Annikoru teraviljakeskus on uurimiseks ideaalne hajaenergeetika objekt, mille praegune taastumatutel allikatel põhinev energiavarustus vajab uuemaid jätkusuutlikumaid ja keskkonnasõbralikumaid lahendusi. Hetkel puudub konkreetne ülevaade energiatarbest ja säästuvõimalustest. Soojusenergia tootmine vajab põhjalikku analüüsi, et välja selgitada objektile parim lahendus. Töös tuuakse välja põhu, heina, teravilja sorteerimisjääkide ja hakkpuidu eelised ja puudused. Samuti on oluline kontrolli alla saada kulutused elektrienergiale. Suve lõpus, teraviljade koristusperioodil suureneb ettevõtte elektrienergia tarbimine mitmekordselt. Kuna suve lõpus on veel mõistlikult pikad päevad, tasub uurida päikeseelektrijaama tasuvust antud objektile.

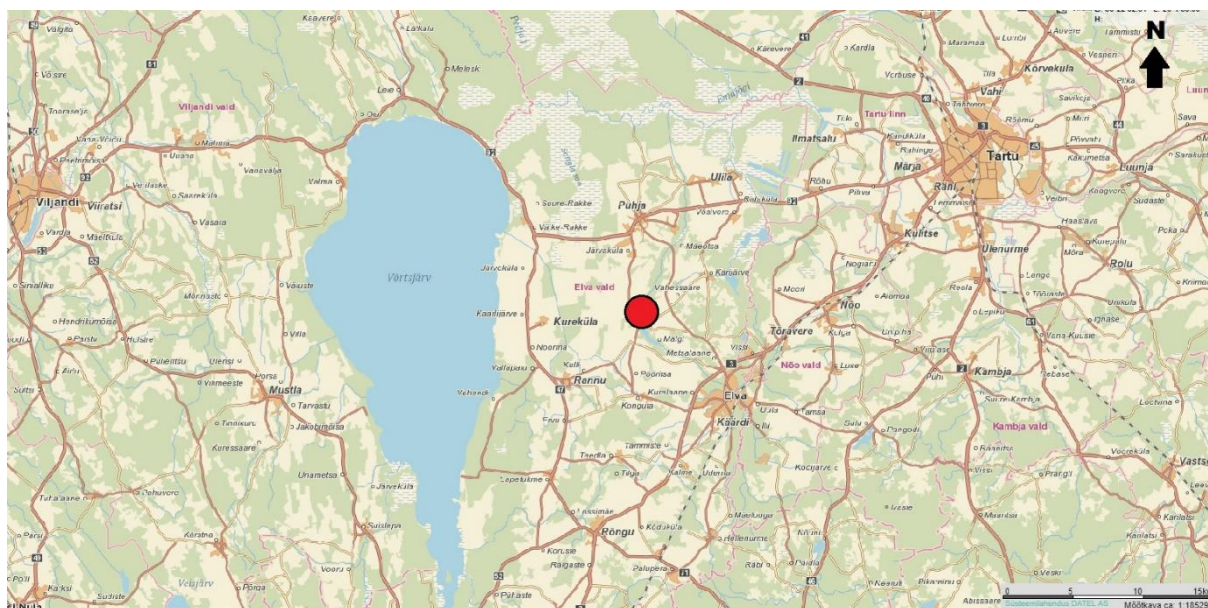
Töö eesmärgiks on kaardistada ettevõtte energiatarbimise struktuur, elektritarbimise koormusgraafik ja analüüsida energiasäästuvõimalusi võttes kasutusele taastuvaid energiaallikaid. Esimene peatükk hõlmabki ettevõtte lühikirjeldust mis loob hea ettekujutuse ettevõtte olemusest. Illustreerivate piltidega on põhjalikult kirjeldatud elektrisüsteemi ja kütteseadmeid. Elektrisüsteemi kirjelduses tuuakse välja elektrienergia tarbijad, võimalusi tarbimise juhtimiseks ja energia säästmiseks. Lisaks sellele tuuakse välja viimase viie aasta elektri ja soojusenergia tarbimisandmed. Adekvaatsete tulemuste saamiseks analüüsitakse viimase 5 aasta keskmisi kulutusi energiale, sest kogu töö ehk vilja kuivatusvajadus sõltub

suuresti ilmaoludest. Teine peatükk keskendub kuivati soojusenergia tootmisele. Sellele tuginedes pakutakse välja parimad lahendused soojusenergia tootmiseks. Kuna ettevõttel on palju põllumajanduslikke jääkprodukte, mida on võimalik muundada soojuseks, siis selgitatakse välja, kas on tulus näiteks võsa, või heina kogumine ja põletamine soojusenergia tootmiseks. Teema lõpuks valitakse välja Eesti turult sobiv biokütusel töötav katel ja antakse ülevaatlilik majanduslik tasuvusanalüüs. Kolmas peatükk kirjeldab päikeseenergia potentsiaali Eestis. Kirjeldatakse Annikoru Teraviljakeskuse võimalusi päikesepaneelide kasutuselevõtuks. Töö lõpus võrreldakse omavahel 10 kW, 50 kW, 100 kW 150 kW ja 200 kW võimsusega päikesejaamasid, analüüsitakse EnergyPro programmiga kohapeal tarviva elektrienergia osakaalu ja sellest lähtuvalt kajastatakse tasuvusarvutused päikesejaama rajamiseks.

1. OBJEKTI KIRJELDUS

1.1. Ettevõtte tegevusala kirjeldus

Annikoru Teraviljakeskus on Eesti tippklassi sordiseemne tootja, mis on välja arenenud pereettevõttest. Talupidamine sai alguse 1986. aastal. Esimene suurem töövõit tuli pankrotistunud endise Konguta kolhoosi põldude ja tootmishoonete ostuga. Vanast kartulihoidlast ehitati kiiresti ümber teraviljatöötluskompleks ja hoidla. 1993. aastal asutati ettevõtte OÜ Rannu Seeme. Annikoru Teraviljakeskus asub Tartumaal Elva vallas Annikoru aleviku lähisel Hoidla kinnistul. Mõõda riigimaanteid on Tartusse 34 km, Viljandisse 58 km ja Elvasse 12 km. Järgneval joonisel on toodud Annikoru Teraviljakeskuse asukoht kaardil tähistatuna punase ringiga (vt Joonis 1.1). Ettevõtte haldab ca 2500 hektarit põllumajandus- ja metsamaad, millest ligikadu 1000 hektarit on renditud. Põllumaa jaguneb haritavaks põllumaaks ja looduslikeks rohumaadeks. Viimased moodustavad kogu maast vaid 1%, mis teeb 15 ha. Haritavaal põllumaal kasvatatakse teravilju, tali- ning suvirapsi, heintaimi ja kaunvilju.



Joonis 1.1 Annikoru Teraviljakeskuse asukoht [3]

Hetkeseisul on välja arendatud kaks kuivatit. Vanem, „Svegma 4118 L/D“ ehitati aastal 1993, mahtuvusega 60 tonni mis võimaldab tunnis vilja niiskussisaldust vähendada 4% [5]. Uuem ja suurem kuivati Svegma 4118I valmis aastal 2011 hoone põhjapoolsesse otsa. Selle mahtuvus

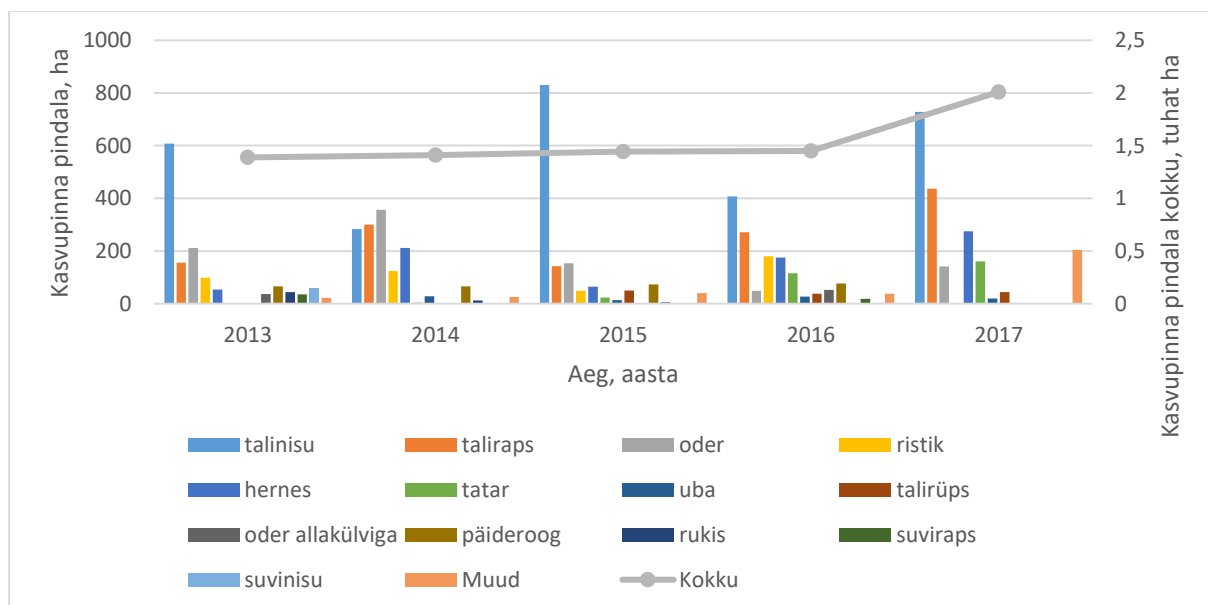
on 100 tonni vilja ja täisvõimsusel töötades on võimalik alandada vilja niiskussisaldust 5% tunnis [6].



Joonis 1.2 Vasakul uus kuivati kompleks ja paremal vana kuivati

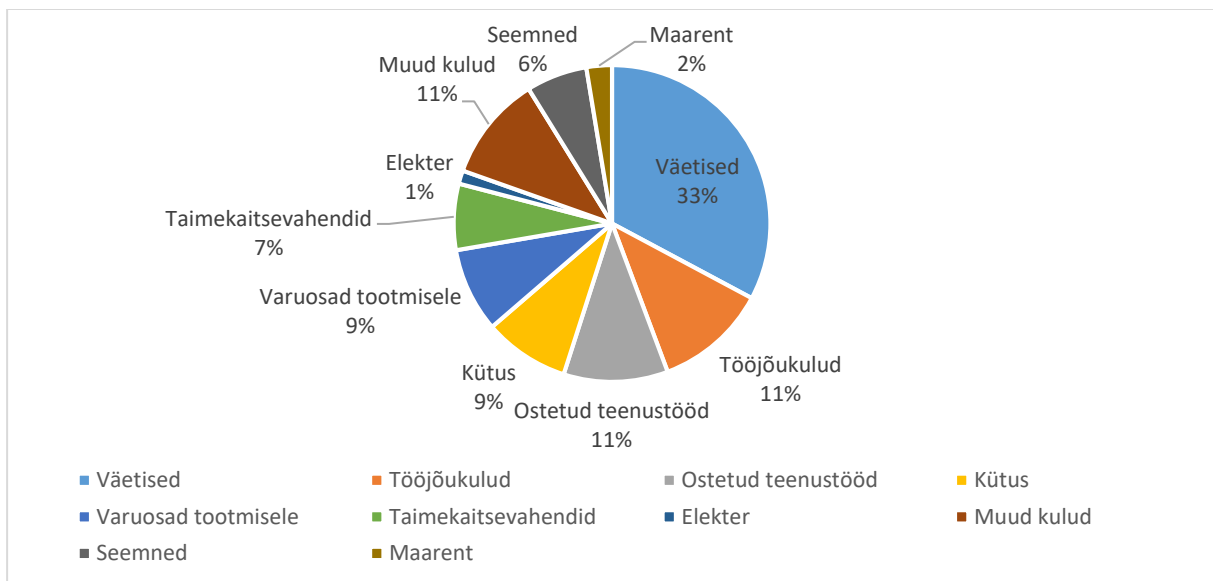
Viljahoidla koos uue kuivati punkritega mahutab kokku 4000 tonni vilja. Hoidlaks kasutatakse ka vanu lõöve, mida on kokku 6. Löövidel on ülesanne lisaks hoiustamisele ka saagi kuivatamisel. Nimelt sisse toodud vilja esmane niiskussisaldus alandatakse 2-5% just lõövides tõhusa ventilatsiooniga. Tootmishoone osaks on ka kontori- ja olmeruumid ning töökoda. Elektriseadmetest antakse täpsem ülevaade peatükis 1.3.

Ettevõtte põhiliseks tuluallikaks on põllumajandussaaduste müük. Sõltuvalt toodangu kvaliteedist müüakse toodangut seemneteks või toiduainetööstuste tooraineks. Enamlevinud kultuurid on taliraps, talinisu ja oder. Väiksemates kogustes kasvatatakse punast aruheina, sojauba ja kaera ning puhkust vajavad maad on enamasti rohukultuuride all. Järgnevas tabelis on välja toodud põhi- ja lisandkultuurid vastavalt kasvupinnale (vt Joonis 1.3).



Joonis 1.3 Kasvatatavad kultuurid pindala järgi aastatel 2013-2017

Kui võrrelda omavahel ettevõtte kulusid, siis kõige suuremaks kuluartikliks on põllumajandusettevõttel kulutused väetistele, ca 33% ettevõtte kogukuludest (vt Joonis 1.3). Sellele järgnevad tööjõukulud ja sisseostetavad teenustööd. Sisseostetavate teenustööde alla läheb näiteks koristushooajal kombainide rent. Samuti renditakse spetsiifilisi masinaid või teostatakse töid, mida ise veel teha ei suudeta (põldude lupjamine, transporditeenus koristushooajal ja erinevad spetsiifilised hooldus ja remonttööd, mille kompetents puudub ettevõttes). Kulutused elektrienergiale on ca 1%, mis kogukuludest ei ole just märkimisväärselt suur osa, kuid rahaliselt oli summa 2017. aastal ligikaudu 22000 €. Suurem osa, 7% on kulutused kütusele. 2016 aasta kohta välja toodud sektordiagrammis kajastub kütuse all kütus nii soojusenergia tootmiseks kui ka transpordiks.



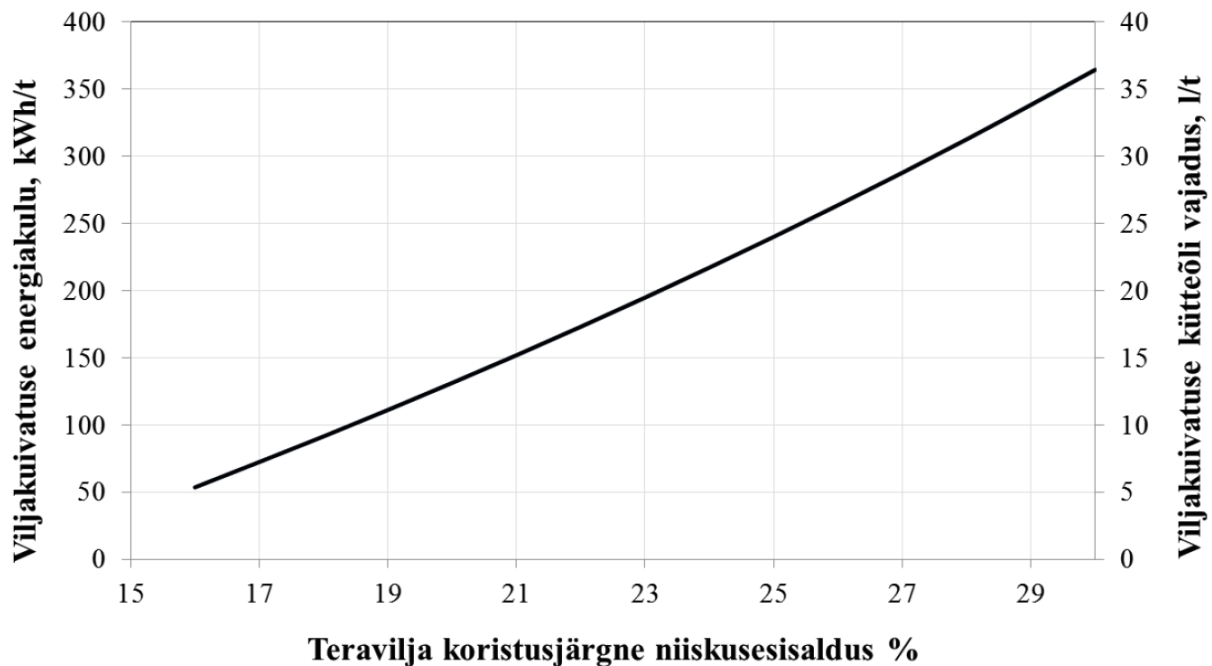
Joonis 1.4 Annikoru teraviljakeskuse kulude jaotus aastal 2016

1.2. Ülevaade soojusenergia tootmissüsteemist

Toodangu kvaliteedi ja säilivuse tagamiseks kasutatakse mitmesuguseid tehnoloogiaid. Eesmärk on vältida mikroobide arengut ja seeläbi ennetada saagi rikkumist. Laialdasemalt kasutusel olevad tehnoloogiad käsitlevad materjali kuivatamist, happesuse suurendamist, materjali külmutamist ja õhukindlalt hoidmist. Läbi selle tagatakse toodangut ohustavate mikroorganismide elutegevuseks ebasobiv keskkond ning arenguprotsesside peatumine [4].

Kõige levinum viis on siiski vilja kuivatamine. Lisaks hoiustamisele annab kuivatamine eelise toodangu müügis, sest kuivatatud vilja on oluliselt lihtsam edasi müüa. Kuivatamise suureks puuduseks on kuivati suured investeringukulud ja kuivati väga väikene kasutusaeg - üksnes kuivatusperioodil. Küll aga on võimalik kuivatusprotsessi muuta oluliselt odamaks ja energiasäästlikumaks teatud võtetega. Näiteks on mõistlik kuivati paremini termiliselt isoleerida [2]. Metallpind on väga hea soojusjuht ja olukorras kui kuivatusõhk on 70 kraadi ja välisõhk sügisel õhtupoolikul langeb 5 kraadi juurde siis on soojuskadu metallpindadelt märkimisväärne. Teisalt mõjutavad energiakulu kuivatamisel välisõhu temperatuur, vilja ja välisõhu niiskussisaldus, kuivatustemperatuur ja kuivati seisund. Kõige suuremat rolli mängib toorme algne niiskussisaldus. Kui on olnud niiske suvi ja ka sügisel pole põllul vili saanud kuivada, on niiskussisaldus oluliselt kõrgem. Järgmisel joonisel on näha soojusenergiakulu vilja

niiskusesisalduse suhtes (vt Joonis 1.5). Samuti on vajalik erinevate trumlite ja ventilaatorite tööks elektrienergiat, mis moodustab kogu kütteenergiast 10%.



Joonis 1.5 Energiavajadus ühe tonni vilja kuivatamiseks sõltuvalt algsest niiskusesisaldusest [2]

Annikoru Teraviljakeskuses toodetakse vajaminev soojusenergia peamiselt põlevkiviõlist. Kontori- ja töökojapoolel on ka installeeritud elektriradiaatoreid. Põlevkivi peamised eelised seisnevad kõrges energeetilises väärtuses 10,8 kWh/kg, mis annab eelise just suure koguse energia näol, mida on võimalik mahutada väikesesse mahutisse [7]. Samuti on vedelkütust mugav transportida nii objektile kui jagada hiljem torustikuga katlamajadele. Eeliseks on veel põlevkiviõli võimekus saavutada kergesti kõrgeid temperatuure, mida just vilja kuivatamiseks vajalik on. Kuivati vajab suurel hulgal õhku, mis oleks vähemalt temperatuuriga 70 kraadi. Kahjuks on põlevkiviõlil ka suuri puuduseid. Esmalt võib välja tuua teadupära, et tegu on taastumatu loodusvaraga, mille kasutamist on mõistlik järk-järgult vähendada. Teisalt on ka põlevkiviõli põletamisel kõrvalproduktina väga ebameeldivad lõhnad. Põlevkiviõli lekke kohas püsib tugev spetsiifiline lõhn aastaid.

Annikoru Teraviljakeskuse soojusenergia toodetakse kolme erineva katlamajaga. Esimene, kõige väiksem katel, on 40 kW Viadrus U22 malmkatel (vt joonis 1.6), mis on ise ehitatud ümber töötamiseks põlevkiviõli baasil. Katel varustab kontorit ja töökoda toasoojaga ning töötab üksnes talveperioodil.



Joonis 1.6 Viadrus U22 malmkatel töökoja ja kontori kütmiseks

Teine katel on mõeldud vanemale viljakuivatile, „Svegma 4118 L/D“, millega kuivatatakse ettevõtte toodangust ca 1000 tonni, kogutoodangust 15% (vt Joonis 1.7). Katla nimivõimsus on 330 kW. Katlast puhub soojendatud õhu kuivatisse ventilaator võimsusega 5,5 kW. Katel töötab enamasti ainult perioodil august-oktoober.

Kolmas ja ühtlasi suurim katlamaja kuulub 2011. aastal ehitatud viljakuivati Svegma 4118I kompleksi. Katlamaja asub eraldi väljas paiknevas hoones. Kasutusel on kaks katelt: väiksem Arcon 2500, mille soojusvõimsus on 635 kW ja teine, võimsam katel Akron 3025 soojusvõimsusega 1,165 MW. Kateldel on juures ka ventilaatorid, vastavalt elektrilise võimsusega 11 ja 18,5 kW. Mõlemad katlad leiavad tööd kuivatusperioodil, augustist-oktoobrini (vt Joonis 1.8).



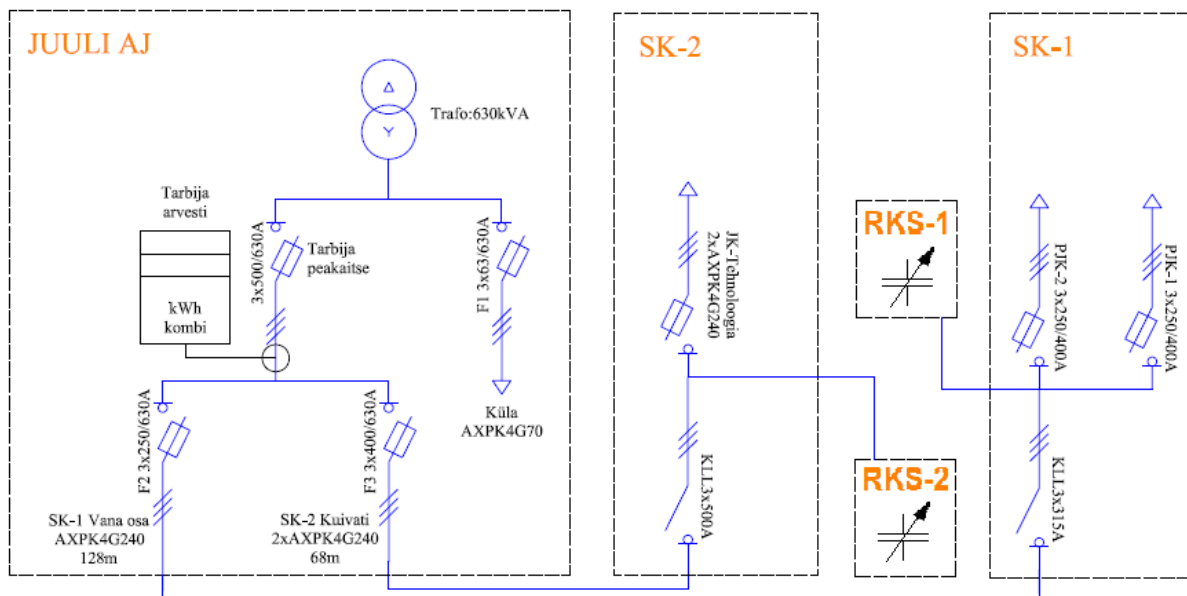
Joonis 1.7 Väikse kuivati katel võimsusega 330 kW



Joonis 1.8 Suure kuivati katlamaja soojusvõimsusega 1,8 MW eraldi hoones

1.3. Ülevaade elektrisüsteemist

Objekti elektrisüsteemi alguspunktiks võib lugeda objekti liitumispunkti, mis asub kinnistul paiknevas Juuli nimelises Elektrilevi alajaamas. Alajaamas on 15/0,4 kV trafo näivvõimsusega 630 kVA, kaugloetav vooluarvesti ja hoone peakaitse 3x500/630 A. Alajaamast väljuvad kaks toiteliini, suunaga uuele ja vanale tootmishoonele, mistõttu võib alajaama nimetada ka elektrisüsteemi peajaotuskeskuseks. Esimene maakaabel AXPK 4G240 pikkusega 128 m läheb vana kuivati ja kontoripoolsesse sisendkeskusesse SK1, kus toimub edasine jagunemine. Teine ühendus on alajaama ja uue kuivati vahel. Tegemist on paralleelitalitluses töötava sama marki maakaabliga, AXPK 4G240, pikkusega 68 m. Üldplaanis on elektrisüsteemi jagunemine kujutatud järgmisel joonisel (vt Joonis 1.9).



Joonis 1.9 Alajaama, sisendkeskuste ja reaktiivenergia kompensaatorite ühendusskeem [8]

Teraviljakeskuse elektrisüsteem jaguneb kaheks suuremaks osaks. Esimesse ossa kuulub vana kuivati, löövide ventilaatorid, töökoda ja kontor. Installeeritud võimsust on kokku ligikaudu 270 kW (vt Tabel 1.1). Siia lisanduvad veel erinevad käsitööriistad, kontoriseadmed, ventilaatorid ja aparaadid, mille võimsused on väiksemad kui 2,5 kW.

Tabel 1.1 Suuremad elektriseadmed SK1 (>2,5 kW) [5]

Nr	Seadme nimetus	Seadme nimivõimsus kW	Kogus tk	Võimsus kW
1	Löövide ventilaator	18	2	36
2	Löövide ventilaator	15	4	60
3	Löövide ventilaator	11	6	66
4	Kuivati täitelevaator	7,5	1	7,5
5	Kuivati tühjenduselevaator	7,5	1	7,5
6	Kuivati ahju ventilaator	8	1	8
7	Kuivati suitsugaaside ventilaator	3,3	1	3,3
8	Sorteer puhasti 1	7,5	1	7,5
9	Sorteer puhasti 2	7,5	1	7,5
10	Etteandekonveier- tigu	5,5	1	5,5
11	Treipink	7,5	1	7,5
12	Puurpink	3	1	3
13	Kompressor	7,5	1	7,5
14	Keevitusaparaat	7	1	7
15	Valgustus töökoda	0,15	8	1,2
16	Valgustus töökoda	0,4	6	2,4
17	Valgustus löövid	0,15	12	1,8
18	Valgustus löövid	0,4	24	9,6
19	Elektriradiaatorid	1	5	5
20	Pesumasin	2,5	1	2,5
21	Elektripliit	8	2	16
Kokku				272,3

Teine osa elektrisüsteemist, ehk uus kuivati, hõlmab ainult uue kuivatiga seonduvat. Vastavalt kuivati projektile on kokku installeeritud võimsust 164 kW millest enamuse moodustavad taaskord asünkroonmootorid (vt Tabel 1.2).

Tabel 1.2 Suuremad elektriseadmed SK2 (>2,5 kW) [6]

Nr	Seadme nimetus	Seadme nimivõimsus kW	Kogus tk	Võimsus kW
1	Kuivati ahju ventilaator	18,5	2	37
2	Läbivoolukuivati ventilaator	15	1	15
3	Sorteer Damas Sigma	18,5	1	18,5
4	Kuivati ahju ventilaator	11	1	11
5	Kütteõli eelsoojendi	9	1	9
6	Vastuvõtupunkrite täitelevaator	7,5	1	7,5
7	Kuivati tühjenduselevaator	7,5	1	7,5
8	Säilituspunkrite tühjenduselevaator	7,5	1	7,5
9	Kütteõli eelsoojendi	6	1	6
10	Sorteer Damas Sigma 2	5,5	1	5,5
11	Kuivati täitelevaator	5,5	1	5,5
12	Kuivati ahju suitsugaaside ventilaator	5,5	1	5,5
13	Mobiilne tsentrifugaalventilaator	3	1	3
14	Valgustus	2,5	1	2,5
Kokku				141

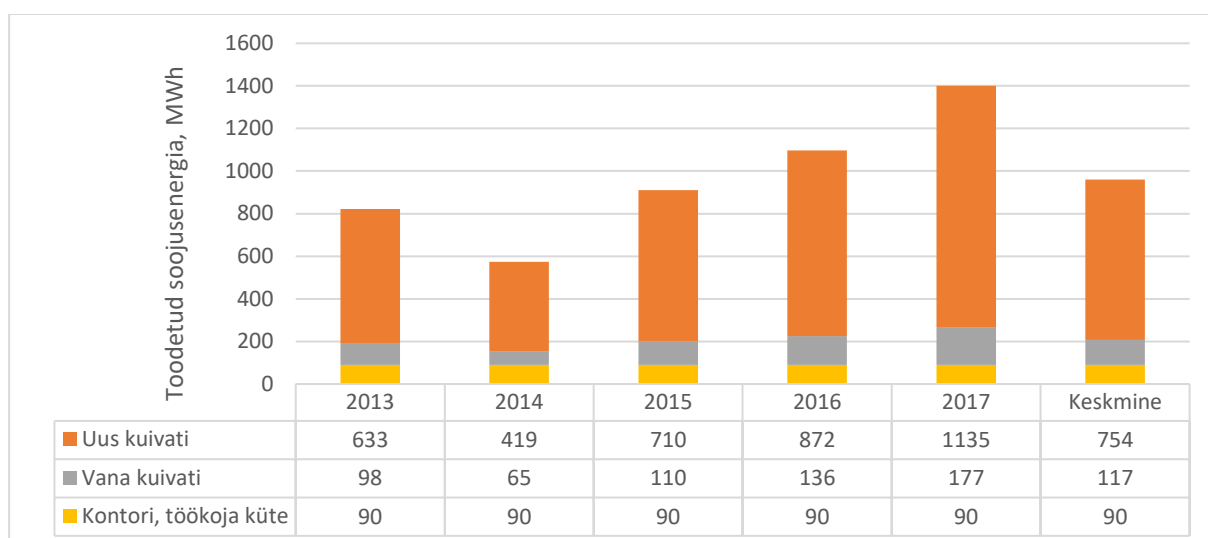
Annikoru Teraviljakeskusesse on installeeritud elektrimootoreid võimsusega üle 400 kW mis tarbivad reaktiivenergiat. Reaktiivenergiat on võimalik kohapeal ise toota kondensaatorpatareiga või osta võrgust. Reaktiivenergia mõõtühikuks on kVarh ja oste võrgust maksab 1 kVarh keskmiselt 0,0079 €. Selleks, et reaktiivenergiat mitte võrgust osta, on see mõistlik kohapeal ise toota. Selleks on paigaldatud reaktiivenergia kompensaatorseadmed mõlemasse sisendkeskusesse (vt joonis 1.10).



Joonis 1.10 Reaktiivenergia kompensaatorseadmed RKS1 ja RKS2. (Vasakul vana kuivati ja parema uue kuivati seade)

1.4. Soojusenergia tarbimise ajalugu

Kuivati soojusenergia tarve sõltub kuivatatava toorme niiskussisaldusest ja toorme kogusest. Annikoru Teraviljakeskuse aastane soojusenergia tarve on viimase nelja aastaga kahekordistunud. 2014. aasta soojusenergiakulu teravilja kuivatamisele oli võrreldes teiste aastatega oluliselt madalam, sest teravilja koristusniiskus oli äärmiselt madal. Seda näitab ka erakordselt soe ja pikk suvi antud aastal. Joonisel (vt Joonis 1.3) on välja toodud põllukultuuride kasvupindala aastate kaupa, mis näitab selgelt ära, et ettevõtte kasvupindala on püsinud samas suurusjärgus perioodil 2013-2016, aastal 2017 on toimunud ca 25% kasv põllumaa kasutuses. Sellest on ka tingitud suuresti 2017. aastal kõige kõrgem energiakulu nii soojus- kui elektrienergia tarbimises. Järgnevalt jooniselt (vt Joonis 1.11) paistab selgelt välja, et kõige suurem soojusenergiatarbimine toimub uues suures kuivatis.



Joonis 1.11 Annikoru Teraviljakeskuse soojusenergia toodang perioodil 2013-2017

Kuivati töötab järjest 50% kogu ajast kuivatusperioodil august-oktoober. Väike kuivati töötab kuivatusperioodil väiksema koormusega, ca 40% ajast. Ettevõtte kütuse hinnad on välja toodud järgmises tabelis, võrdluseks statistikaameti keskmised põlevkiviõli hinnad (vt Tabel 1.3). Sisseostetud põlevkiviõli täpsed kogused ja hinnad on toodu lisas (vt Lisa 1).

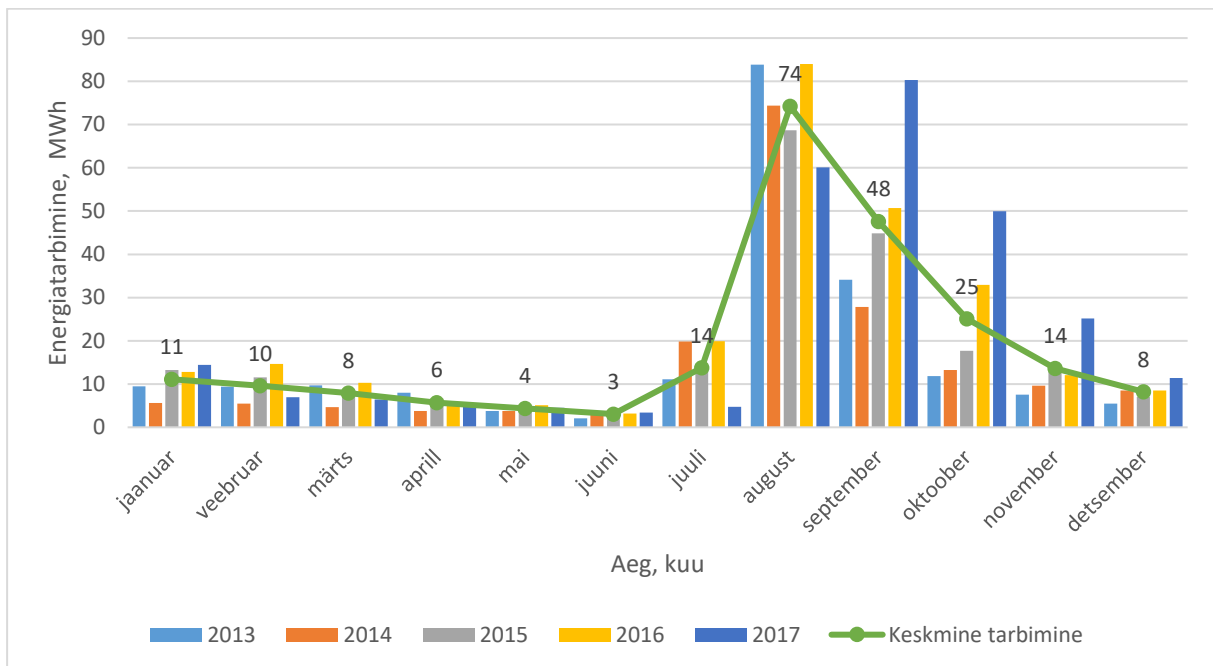
Tabel 1.3 Tarbitud põlevkiviõli kogused ja maksumus perioodil 2013-2017

Aasta	Tarbitud kogus tonn	Eesti keskmine hind €/tonn [9]	Kütuse ostuhind €/tonn	Kulutused kütusele €
2013	76	459	458	34856
2014	53	439	439	23322
2015	84	283	345	29071
2016	102	287	276	28050
2017	130	Andmed puuduvad	322	41713
Keskmine	89	367	368	31402

1.5. Ettevõtte elektrienergia tarbimise analüüs

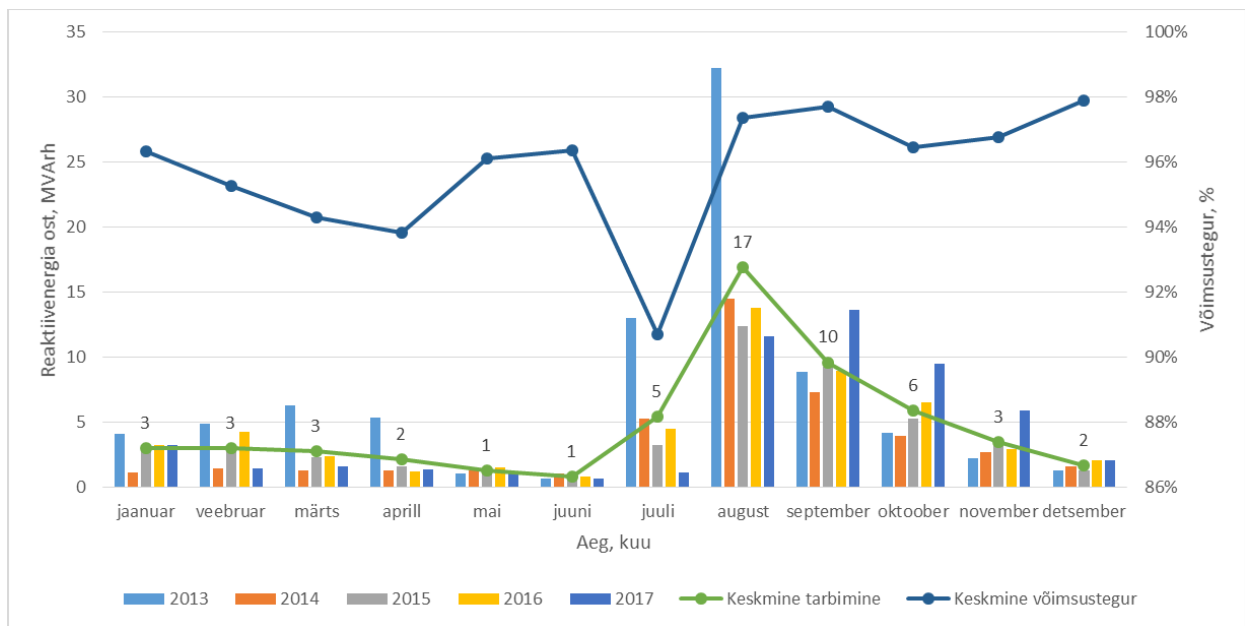
Käesolevas töös on välja toodud Elektrilevi tarbimisandmetel põhinev elektrienergia tarbimise ajalugu perioodil 2013- 2017. Annikoru Teraviljakeskuse aastane elektrienergia tarve jääb 200 ja 300 MWh vahele. Viimase viie aasta jooksul on toimunud tarbimises pidev kasv, välja arvatud aasta 2014 kui saagi kuivatamiseks kulus vähem energiat, sest saagi koristusniiskus oli

aastal 2014 madalam kui teistel aastatel. Seda näitas ka 2014 aasta madal soojusenergiatarve kuivatis (vt Joonis 1.12).



Joonis 1.12 Elektrienergia tarbimise ajalugu perioodil 2013-2017

Kui aastate lõikes on elektritarbimine enam- vähem ühtlane, siis kuude lõikes kõigub tarbimine kümneid kordi. Vastavalt teraviljakuivati sesoonsele tööle kajastub ka suurem tarbimine sügisperioodil, mil toimub põldude koristus. 2017. aasta tarbimise maksimum lükkus tavapärasest augustist septembrisse, sest suve lõpp oli vihmane ja saakide koristus seetõttu hilines (vt Joonis 1.12). Kõige väiksem tarbimine on aga suve alguses kõigil viiel aastal just juuni kuus kui enamus töölisi on puhkusel.



Joonis 1.13 Võrgust tarbitav reaktiivenergia perioodil 2013- 2017 ja keskmine võimsustegur

Tänu reaktiivenergia kompensaatoritele on reaktiivenergia tarbimine antud ettevõtte kohta madal. Reaktiivenergia osakaalu aktiivenergiast näitab võimsustegur $\cos\varphi$. Eelmisel joonisel ka välja toodud keskmine võimsustegur, mis on leitud järgmise valemiga (1.1).

$$P = S * \cos\varphi, \text{ millest } \cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (1.1)$$

Kus P – aktiivvõimsus (kW),

S – näivvõimsus (kVA),

$\cos\varphi$ – võimsustegur.

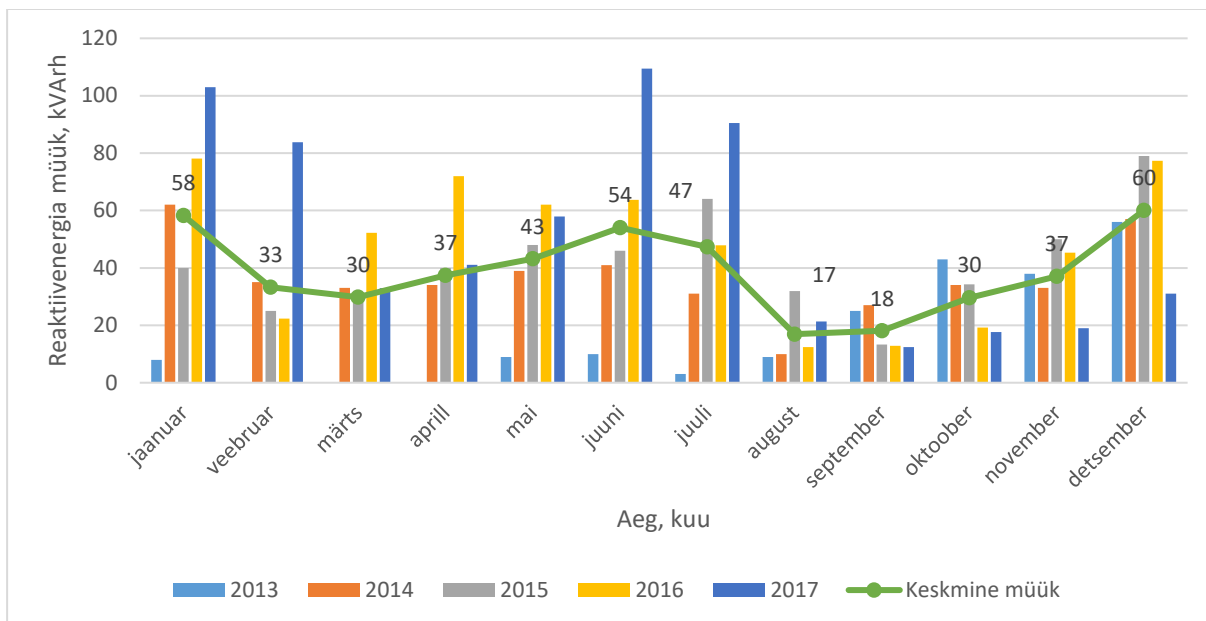
Reaktiivenergia tarbimise jooniselt (vt joonis 1.9) on näha, et aasta läbi püsib reaktiivenergia tarbimine võrgust. Sellest tulenevalt tuleks üle kontrollida olemasoleva kompensaatorseadme võimsus, töökorrasolek ja vajadusel lisada või vahetada mõni kondensaator. Kui kompensaatorseadmetega on kõik korras siis tasuks mõelda individuaalse kompenseerimise peale just suuremate asünkroonmootorite läheduses. Kondensaatorite võimsused projekteerib vastavalt suurematele seadmetele kompensaatorite paigaldusega tegelev ettevõte. Kuivati ventilaatorid ja transportööride mootorid töötavad perioodiliselt seetõttu peavad olema tehtud investeeringud võimalikult soodsad ja lihtsad, et saavutada mõistlikku tasuvusaega. Seega on mõistlik ühendada lisakompensaator otse asünkroonmootori klemmidele, sest siis lülitub seade automaatselt sisse koos mootori tööle lülitumisega. Näide mootori vahetus lähedusse paigaldatavast reaktiivenergia kompensaatorist (vt Joonis 1.14).



Joonis 1.14 Individuaalsed kompenseerimis-seadmed [8]

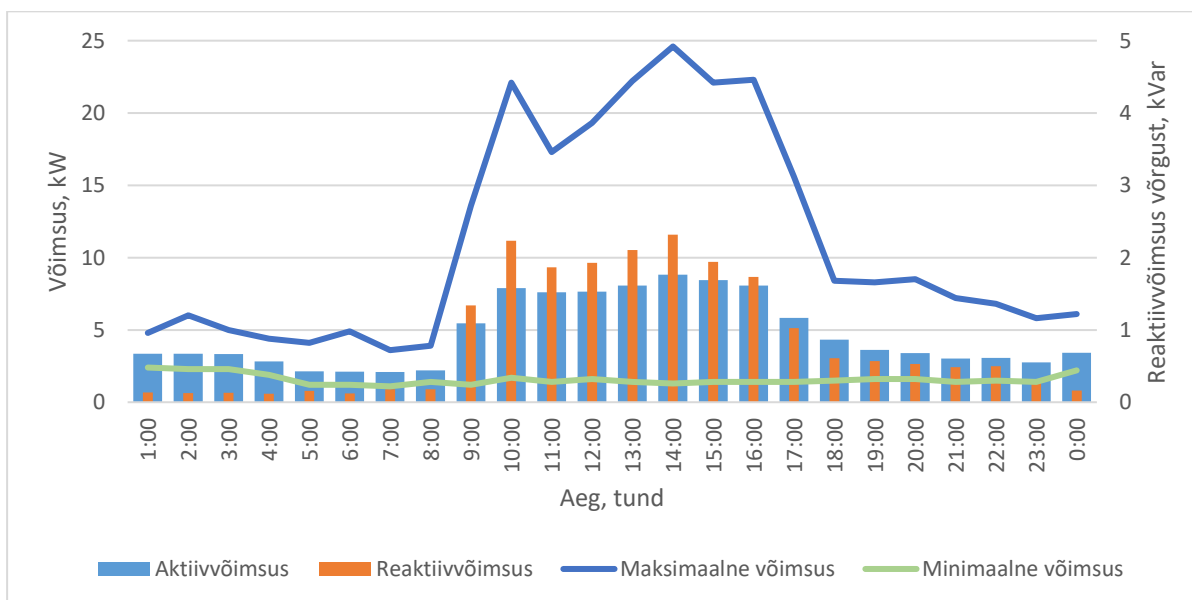
2013. aasta juuli ja augusti reaktiivenergia tarbimine oli märkimisväärselt kõrge millest tulenevalt on ka keskmisest madalam võimsustegur. 2013. aasta augustis lisati süsteemi ka teine reaktiivenergia kompensaatorseade RKS1.

Alumine joonis näitab võrku antud reaktiivenergiat (vt Joonis 1.15). Kõige tõenäolisemad reaktiivenergia allikad on Annikoru Teraviljakeskuses reaktiivenergia kompensaatorseadmed. Reaktiivenergia üle tootmine tekib liiga piiripealsetest seadistustest, sest siis ei jõua seade end õigel ajal välja lülitada. Kui ettevõtte on lisanud oluliselt uusi elektriseadmeid siis tuleks lasta kompensaatorseadme paigaldanud ettevõttel seadistused üle kontrollida.

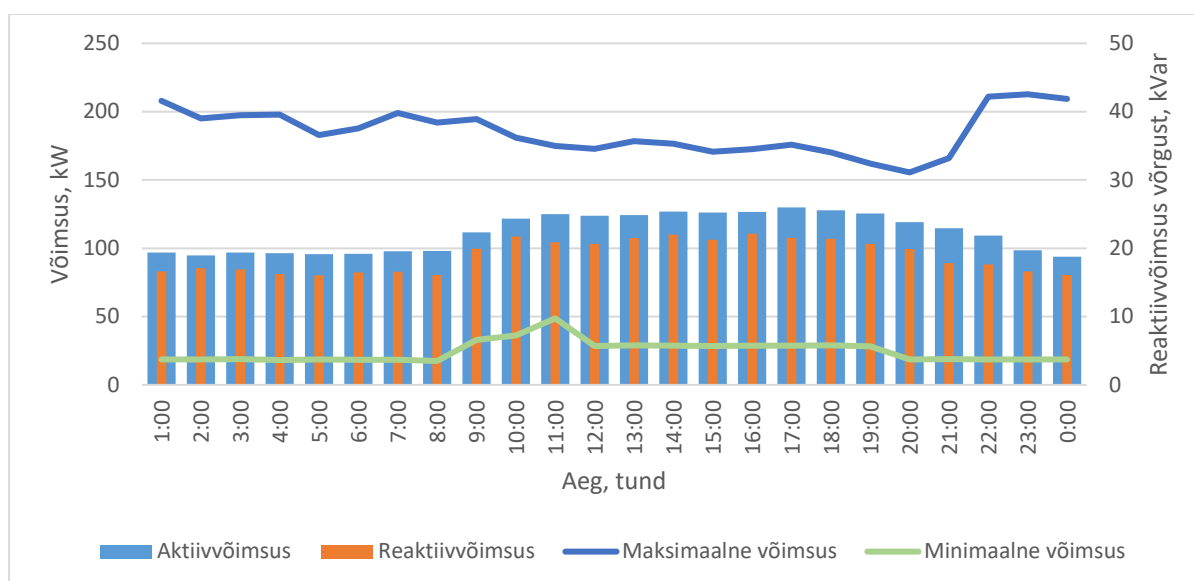


Joonis 1.15 Võrku toodetav reaktiivenergia perioodil 2013- 2017

2017. aasta kõige väiksema ja suurima tarbimisega kuul on välja toodud keskmised võimsused tunnipõhiselt. Joonisele on välja toodud 2017. aasta juuni keskmised võimsused tunnipõhiselt (vt Joonis 1.16). Lisatud on maksimum- ja miinimumvõimsused igale tunnile. Joonisel kajastub ka kuu keskmine tunnipõhine võrgust tarbitud reaktiivvõimsus.



Joonis 1.16 Väikseima tarbimisega kuu keskmised tunnipõhised aktiiv- ja reaktiivvõimsused
Suurima tarbimisega kuu aastal 2017 oli september, sest saagi koristuse algus hilines.



Joonis 1.17 Suurima tarbimisega kuu keskmised tunnipõhised aktiiv- ja reaktiivvõimsused

Järgnevalt on välja toodud aasta lõikes kulutused elektrienergiale. Tabelis on hinnad elektrienergiale, elektri edastamisele, reaktiivenergiale ja riiklikele maksudele (vt Tabel 1.4). Täpsemalt on hinnad ja kogused kuude kaupa on välja toodud lisades (vt Lisad 2-4). Elektrienergia kulutustes pole kajastatud ärikliendi liitumispunktist tingitud tasusid, nagu lepingu kuutasu 17,87 €/kuu ja 500 amprise võrguühenduse läbilaskevõime 0,38 €/A kuus ehk mille eest tuleb tasuda 190 €/kuus. Käesoleva uurimustöö raames fikseeritud võrguühenduse tasu ei mängi rolli, sest antud kuluartikli pealt pole võimalik kokku hoida. Ettevõtte on huvitatud hoidmaks natuke suuremat liitumisvõimsust, sest kui tootmine peaks laienema, on vajalik võimaus kohe olemas. Liitumislepingu tasud võivad suurened ka kahesuunalise võrgulepingu olemasolul, kui ettevõtte otsustab investeerida päikeseelektrijaama.

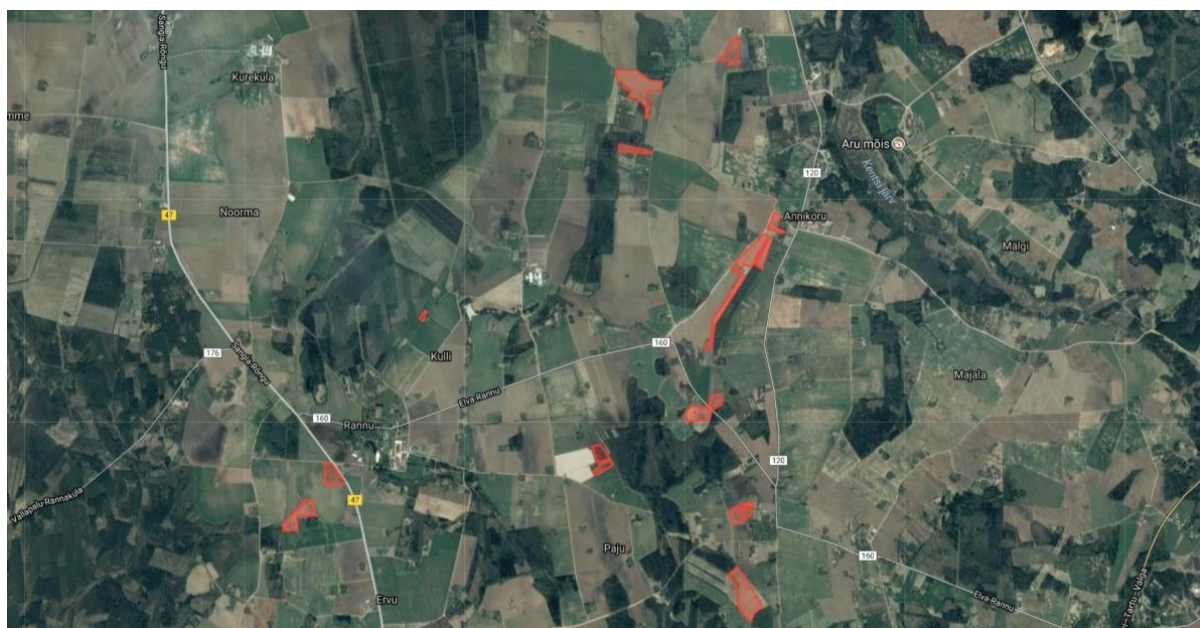
Tabel 1.4 Kulutused elektrienergiale perioodil 2013-2017

	2013	2014	2015	2016	2017
Elektrienergia, MWh	196	180	214	260	272
Reaktiivenergia, kVarh	84250	43223	47463	52704	53848
Reaktiivenergia, €	581	298	327	364	305
Elektri edastamine, €	6226	5673	6876	8380	7826
Taastuvenergia tasu, €	1885	1724	2053	2492	2831
Elektriaktsiis, €	878	803	956	1160	1217
Elektrienergia, €	8897	7604	7731	9327	10294
Kulutused elektrile kokku, €	18467	16102	17944	21722	22474

2. ALTERNATIIV PÕLEVKIVIÕLIL TÖÖTAVALE KATLAMAJALE

2.1. Põhk, hein, viljajääd

Põllumajandusettevõttes on igati loomulik kasutada ära erinevaid energiaressursse, mis tootmise käigus tekivad. Lisaks jääproduktidele on võimalik kasvatada ka energiataimi nagu kanep, mais, päevalill ja mitmesugused heintaimed [2]. Otstarbekam on esialgu vaadata tootmisest üle jäävate ressursside poole. Annikoru Teraviljakeskuse näol sobiksid soojusenergia tootmiseks rohumaadelt niidetavad heintaimed. Looduslikke rohumaad on ettevõttel ca 66 ha, mis jäävad 6 km raadiusesse kuivatist (vt Joonis 2.1). Heina puhul on oluline toorme kaugus katlamajast, sest 1 m³ energiasisaldus on madal (kuiva heina puhul 0,4 MWh/m³), mis muudab transpordi kulukaks. Hein niidetakse maha, lastakse kuivada ja lõpuks pallitatakse mugavamaks käitlemiseks ja transpordiks.



Joonis 2.1 Looduslikud rohumaad 6 km raadiuses

Lisaks heinale tekib teraviljakasvatases palju põhku, eriti odrast, talinisust ja kaerast. Põhu kütteväärtus on sarnaselt heinale madal, mis muudab põhu kogumise ja transpordi kaugematelt põldudelt liiga kulukaks. Jahedama ja niiskema kliimaga Eestis jääb koristusjärgse põhu niiskussisaldus 30 – 60% vahele. Väiksemates kateldes on võimalik põletada toorainet, mille

niiskussisaldus jääb alla 20% [2]. Kuival suvel on põhk kuivem, kuid sellisel juhul ei vajata ka tavaliselt suuri kuivatusvõimsusi nagu niiskematel aastatel. Põhu koristamine langeb kokku viljakoristusperioodiga, mis on talunikele alati kõige kiirem aeg. Seega jääks ainukeseks mõistlikuks variandiks talinisust saadav põhk, mille koristus toimub teiste kulutuuride koristusest varem. Põhu tuhk sisaldab kloori ühendeid, mis hakkavad söövitama katla soojusvahetuspinde. Selle vältimiseks on vajalik kasutada tugevamaid ja vastupidavamaid materjale katla seadmetes. Samuti peavad vastama katla gabariidid põhupallide suurusele. Kui katlasse sisestus toimub palli kaupa siis on katla väljundvõimus tugevalt sõltuvuses kütuse kogusest katlas. Et antud protsessi muuta sujuvamaks ja automaatseks, on mõistlik pallid eelnevalt purustada ja kütus katlasse automaatselt konveieri abil transportida. Tavaliselt jäetakse põhk põldudelt koristamata ka seepärast, et põhk sisaldab vajalikke mikroelemente tagamaks mulla viljakus, näiteks kaalium, fosfor või üldised orgaanilised ained [2]. Selle arvelt on järgmisel aastal võimalus kokku hoida väetiste kasutamise peale.

Väga oluline jääk ja praktiline kasutus on vilja sorteerimisel tekkivatel bioloogilistel sõelmetel. Need jäätmed (peamiselt aganad ja võõrliikide seemned) omavad kõrget energeetilist potentsiaali. Vilja sorteerimise käigus tekib perioodil august – oktoober iga päev ca 50 kg jääke (vt Joonis 2.2) ühe tonni vilja käitlemisel. Praegusel hetkel on jääkidest vabanemiseks vajalik utiliseerimine kompostiks. Sõelmete tagasi vedamine põllule ei ole ka sobilik, kuna jäägid sisaldavad umbrohutaimi ja nende seemneid, risustades kvaliteetset põllumaad. Seega on tegu ettevõtte jaoks tülika kõrvalproduktiga, millest on vaja võimalikult lihtsalt vabaneda. Kuna sõelmed on niisked siis ainuüksi nende abil pole võimalik katelt kütta. Mõistlik on teatud ratsioonis segada näiteks kuiva hakkpuiduga, mis tagab mõlema kütuse hea põlemise. Sõelmete kütteväärtus on sarnaselt viljateradele kõrge. Aastas tekib ettevõttes lisaks sõelmetele ka praakvilja näiteks hallituse või mõne muu kahjustuse tõttu. Vilja ja sorteerimisjääkide kütteväärtus jääb 4 ja 6 MWh/tonni vahele (vt Tabel 2.2). Võrreldes põlevkiviga (10,8 MWh/tonn) on see küll poole



Joonis 2.2 Viljajääkide ja sõelmete kogumine

väiksem, kuid praak vili on tasuta kui tonni põlevkiviõli eest tuleb maksta keskmiselt 368 €. Järgnevas tabelis on välja toodud jäätmete kogused erinevate kultuuride kohta aastal 2017 (vt Tabel 2.1). Arvestades jäätmete kütteväärtuseks 4,4 MWh/t kohta siis oleks võimalik 400 tonnist jäätmetest saada 1760 MWh soojusenergiat, mis on võimeline katma kuivati soojusenergiakulu (aastal 2017 oli soojusenergia kulu 1135 MWh). Küll aga peab siin arvestama, et tegu on liigniiske materjaliga, mis vajab eelkuivatamist.

Tabel 2.1 Tootmisega kaasnevate jääkproduktide kogused ja iseloomustus aastal 2017

Kultuur	Pindala ha	Saagikus tonni/ha	Kogus tonni	Jäätmete osakaal %	Jäätmete kogus tonni	Kommentaar
Hernes	274,6	4,3	1181,1	5%	59,1	Rohkem muld, kivi
Kaer	78,1	6,6	515,2	5%	25,8	Sõklad, põlevad hästi
Oder	141,1	7,4	1044,3	5%	52,2	Sõklad, põlevad hästi
Suvirüps	44,3	1,1	48,7	5%	2,4	
Talirüps	44,3	3,1	137,2	5%	6,9	
Talinisu	728,6	7,3	5318,9	2,5%	133	Vahepeal pole üldse sodi
Taliraps	436,6	4,2	1833,8	5%	91,7	
Tatar	161,2	1,5	241,9	5%	12,1	
Uba	19,8	5,1	101,1	5%	5,1	
Sojauba	81,5	1,2	97,8	5%	4,9	Märjalt koristades võetakse kauntega
Kokku	2010,25		10520,3		393,2	

2.2. Puiduhakke tootmisvõimalus

Hakkepuit on üks levinumaid taastuvenergia allikaid keskmise suurusega katlamajades ja põllumajandusettevõtetes. Hakkepuitu võib lugeda taastuvaks loodusvaraks, sest puitmass mis sobib hakke tootmiseks on suuteline inimese eluea jooksul korduvalt uuenema. Kõige paremini sobib kütteks hake, mille niiskusesisaldus jääb 30 - 35% vahele. Mõistlik on ladustada puitmass aasta enne hakkimist virna, katta pealt spetsiaalse hingava kangaga ja lasta kuivada. On olemas ka tehnoloogiaid mis võimaldavad värsket haket kuivatada, kuid see nõuab spetsiifilist tehnikat, tööjõudu ja on seega kulukam. Liigniiske hakke ladustamisel hakkab mass hallitama, põhjustades seeläbi tööga seotud isikutele respiratoortrakti haiguseid. Hakke ladustamisel on

suuri eeliseid võrreldes heina või põhuga. Kui põhupallide erikaal on 100 – 150 kg/m³ siis hakkpuidul on see kaks korda suurem (ca 400 kg/m³). Võrreldes kütteväärtusi, tekib hakkepuudul oluline eelis. Kui kuiva heina puhul on võimalik ühest kuupmeetrist saada 0,4 MWh soojusenergiat, siis hakkpuidu korral saame sama koguse juures 0,7-0,9 MWh soojusenergiat [11]. Tänu sellele tekib hakkpuidu ladustamisel võrreldes heina või põhuga poole suurem eelis ehk vajaliku energiakoguse salvestamiseks piisab poole väiksemast laost.

Tabel 2.2 Materjalide kütteväärtused ja hinnad [2][9][11][12]

Materjal	Kütteväärtus kWh/m³	Tihedus kg/m³	Hind €/tonn; €/m³	Hind €/MWh
Põlevkiviõli	9910	960	367 €/tonn	35,6
Hakkepuut	900	300	12,17 €/m ³	13,5
Teravili	3890	700	-	-
Sorteerimisjääd	3100	700	-	-
Põhk/ hein pallitud	530	150	5 €/tonn	1,4

Tänu hakke peenele struktuurile on nii käitlemine kui ka kütteprotsessi automatiseerimine oluliselt lihtsamad. Katla etteandesüsteem on võimalik täielikult automatiseerida veokruvi abil, mis vastavalt vajadusele kütust katlasse ette annab. Sinna juurde kuulub ka kütusepunker, mida tuleb intervalliliselt täita.

Annikoru Teraviljakeskusele kuulub lisaks põllumaale ka 105 ha metsamaad. Talveperioodil tegeleb ettevõtte küttepuude tootmisega, mis loob ideaalse võimaluse hakkpuidu tootmiseks küttepuujäädidest. Hakke tootmise võimalus on ka heaks alternatiiviks tööhõive parandamiseks talvel, kui töömeestele ei jätku piisavalt tööd. Hakkepuuduks sobilikku materjali tekib ka kevad-suveperioodil kui puhastatakse aktiivselt maaparanduskraave (vt Joonis 2.3).

Tahkete kohalike kütteinete kasutamisega tuleb näha rohkem vaeva kui kütteõliga kütmisel. Ka investeringukulud on hakkepuudu küttesüsteemile suuremad, kuid kulutused kütusele on oluliselt väiksemad.



Joonis 2.3 Maaparanduskraavide puhastamisel tekkiv võsa sobib ideaalselt hakkeks

2.3. Katla valik ja tasuvusanalüüs

Aastaid on harjumuspäraselt teraviljakuivatite kütteks ning garaažide-tootmishoonete soojavajaduste tagamiseks kasutatud gaasi- ja diislikütteil töötavaid katlaid. Paraku vajavad need efektiivseks töötamiseks palju kütust ning seetõttu on oluliselt soodsam variant võtta kasutusele tänapäevane täisautomaatne hakkepuidul töötav katel [13].

Biokütusel töötav katlamaja on võimeline toimima täisautomaatsetes süsteemides. Katla kogu juhtimine on automatiseeritud ning eraldi tööjõudu katla tarbeks rakendada pole vaja. Hakkepuidul põhineva katla kvaliteetse töö tagamiseks on vajalik pidev piisava koguse kvaliteetse hakkmaterjali olemasolu ning regulaarne hakke etteanne katlasse. Etteande tüüp peab olema vastavuses hakke suurusega – mida varieeruvam suurus seda kergemini võivad ummistused tekkida. Kuivõrd tigu-etteanne võib varieeruvusega hätta jääda, siis hüdrauliline lahendus sobib ka kehvema kvaliteediga materjalile nagu saepuru ja viljajäägid.

Biokütustel või turbal töötav katlamaja koosneb järgmistest põhilistest osadest [14]:

- kütuse ladu, võib koosneda mitmest osast, näiteks kütuse vastuvõtusõlm, põhiladu, automatiseeritud ladu või põhilao osa jne
- kütuse teisaldusseadmed, mida vajatakse kütuse transpordiks põhilaost automatiseeritud lattu ja sealt edasi koldesse

- kolle koos katlaga
- suitsugaaside puhastusseadmed (multitsüklon, kottfilter jne) ja korsten
- tuhaemaldusseadmed
- põlemisõhu ventilaatorid, suitsuimeja, reguleerimis- ja ohutusautomaatika.

Annikoru Teraviljakeskuses on kõik eeldused biokütusel töötava katlamaja kasutuselevõtuks olemas. Ettevõtte juhtkond on hakkepidu kasutamise alternatiivi küll kaalunud, kuid seni on jäädud mugava ja töökindla lahenduse - põlevkiviõli juurde. 2010. aastal projekteeriti ettevõttele biokütusehoidla, kuid rahaliste vahendite tõttu projektiga lõpuni ei mindud.

Viljakuivati katla valikul tuleb ennekõike lähtuda kuivati soojusvajadusest. Konkreetne kuivati vajab tööks kuuma õhku, mis seab piirangud katelde tüübile - tuleb valida õhu soojendamiseks sobilik katel. Järgmisena tuleb selgeks teha soojusvajadus. Kuna kuivati on töötanud juba viis aastat on täpselt teada kuidas piisab olemasoleva võimsusega kateldest. Vesteldes kuivati operaatoriga selgub, et kaks katelt (1,165 ja 0,65 MW) on piisavad viljakuivati tööks. Konkreetsele võimsusvahemikule on turul olemas sobilikke lahendusi, mis on välja toodud järgnevas tabelis (vt Tabel 2.3). Samuti on detailsed kirjeldused ja katelde omadused esimese kahe katla kohta lisades (vt Lisa 5 ja Lisa 6).

Tabel 2.3 Valik sobivaid biokütusel töötavaid katlaid

Katla nimi	Päritolumaa	Võimsus MW	Hind €
NTS-A2500	Eesti	2,5	137 600
Bioahi ANTTI VACBOOST BIO 1600 RADIAL	Soome	1,6	187 200
ICS Hotair HF 2000	Austria	2	400 000

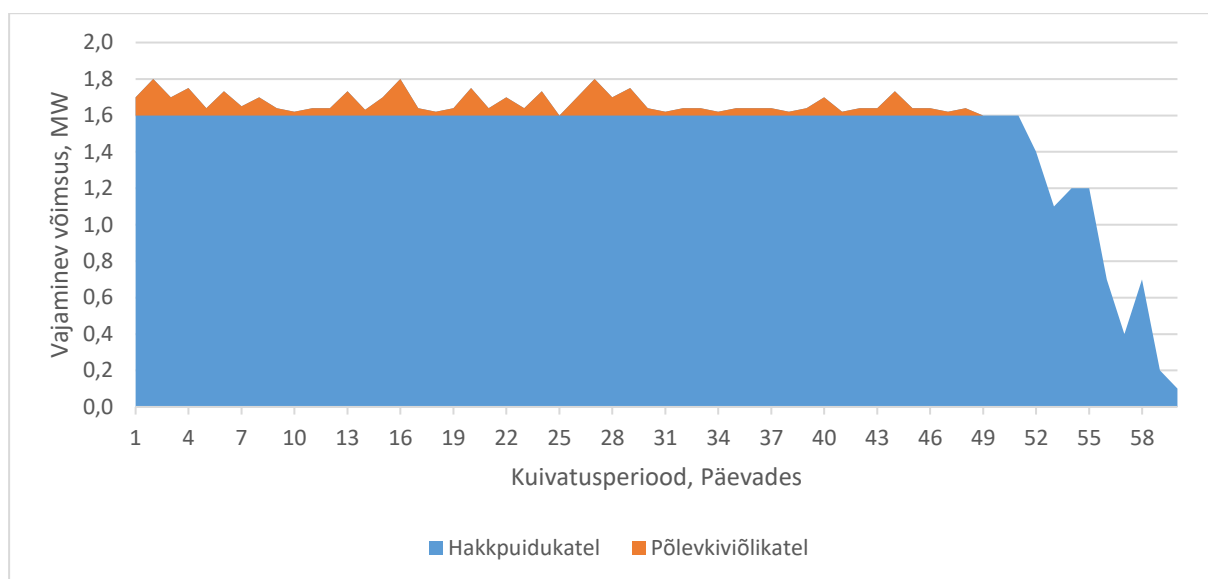
Kui võrrelda omavahel kõiki kolme katelt, siis esimesena eristub kolmas Austria katel. Antud katel on välja töötatud spetsiaalselt erinevate kuivatustehnoloogiate tarbeks. Süsteemid võimaldavad kasutada erinevaid taastuvaid energiaallikaid sooja õhu tootmiseks. Põlemiskolde põhi on liikuv respõrand, milles on kasutatud spetsiaalselt kuumakindlast terasest toodetud elemente. Restpõranda kasutamine tagab seadmete suure efektiivsuse ja töökindluse ka kõige keerulisemaid küttematerjale kasutades. Põlemisgaasid on juhitud kontrollitult soojusvahetisse kus soojendatakse väljast tulevat värsket õhku. Soojusvaheti on kõrge efektiivsusega.

Soojusvaheti kasutamine tagab tuleohutuse ja kuivatatava materjali parema kvaliteedi ning välistab saastatuse [15]. Antud katelt iseloomustab kivist kolle, mis muudab katla gabariidid võrreldes teistega ka oluliselt suuremaks. Tänu kolde respõrandale ja kütuse etteande konveieritele tagatakse suurim töökindlus ka kehvemaid küttematerjale kasutades.

Teine katel, soomlaste välja töötatud biokütustel töötav ahi on märkimisväärselt kompaktsem ja soodsam. Arvestades kuivati sesoonset tööd, siis kuivati ahju valikul mängib olulist rolli kompaktsus, töökindlus ja hind. Antti firma poolt toodetud 330 kW põlevkiviõlil toimiv ahi on igati õigustanud ja tõestanud oma head kvaliteeti Annikoru Teraviljakeskuses. Tehnilisest kirjeldusest lähtuvalt võib järeldada, et Antti bioahi on samuti kvaliteetne ja töökindel. Kütusena saab kasutada hakkepuitu, graanuleid, sorteerimisjääke ja teravilja. Suurim ahi mida hetkel turul pakutakse on vaid 1,6 MW, mis tõenäoliselt ei tuleks üksinda toime viljakuivatushooajal. Selleks on mõistlik kaaluda tipukoormuse katmist mõne soodsama lahendusega. Võimalik oleks näiteks üks olemasolev põlevkiviõlil töötav ahi jätta reservi ja samuti on võimalik antud ahjuga katta ära tipukoormused (vt Joonis 2.4). Antud joonise võimsused on simuleeritud üldiselt kuivati tipukoormuse katmise kohta. Välja toodud päevad ja võimsused ei pruugi vastata reaalsele olukorrale. Töö käigus ei olnud võimalik saada tunnitarbimise andmeid kuivati tööst. Võrreldud katelde tasuvus on esitatud järgnevas tabelis (vt Tabel 2.4).

Tabel 2.4 Kolme erineva katla tasuvusaeg

Katel	Investeering, €	Küttuse hind, €/MWh			Hoolduskulu, €/aastas			Kuivati aastane energiakulu, MWh															
Katel NTS-A2500 (Variant 1)	137600	13,5			500			754															
Katel Antti 1600 (Variant 2)	187200	13,5			500			754															
Katel ICS HF2000 (Variant 3)	400000	13,5			2000			754															
Olemasolev põlevkivõlikatel		35,6			500																		
Aastad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Variant 1	-137600																						
Kütusekulu, €	-	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	
Hoolduskulu, €	-	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	
Alternatiivne kokkuhoid, €	-	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	
Kokku	-137600	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	
Kumulatiivne rahavoog		-121437	-105273	-89110	-72946	-56783	-40620	-24456	-8293	7871	24034	40197	56361	72524	88688	104851	121014	137178	153341	169505	185668		
Diskontomäär %	5%																						
Projekti tootlus IRR %	10%																						
Nüüdispuhasväärtus (NPV), €	60 792 €																						
Lihhtasuvusaeg, aastat	8,5																						
Variant 2	-187200																						
Kütusekulu biokatel, €	-	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	-9161	
Kütusekulu õlikatel, €	-	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	-2684	
Hoolduskulu, €	-	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	
Alternatiivne kokkuhoid, €	-	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	24158	
Kokku	-187200	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	11313	
Kumulatiivne rahavoog		-175887	-164574	-153262	-141949	-130636	-119323	-108010	-96697	-85385	-74072	-62759	-51446	-40133	-28821	-17508	-6195	5118	16431	27744	39056		
Diskontomäär %	5%																						
Projekti tootlus IRR %	2%																						
Nüüdispuhasväärtus (NPV), €	-44 016 €																						
Lihhtasuvusaeg, aastat	16,5																						
Variant 3	-400000																						
Kütusekulu, €	-	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	-10179	
Hoolduskulu, €	-	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	
Alternatiivne kokkuhoid, €	-	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	26842	
Kokku	-400000	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	16163	
Kumulatiivne rahavoog		-383837	-367673	-351510	-335346	-319183	-303020	-286856	-270693	-254529	-238366	-222203	-206039	-189876	-173712	-157549	-141386	-125222	-109059	-92895	-76732		
Diskontomäär %	5%																						
Projekti tootlus IRR %	-2%																						
Nüüdispuhasväärtus (NPV), €	-189 113 €																						
Lihhtasuvusaeg, aastat	Ületab projekti eluiga!																						



Joonis 2.4 Tipukoormused on võimalik katta põlevkiviõli katlaga

Antud lahendus nõuaks rohkem integreerimist erinevate tehnoloogiate vahel ja tõenäoliselt ka suuremat inimese sekkumist katla käivitamise osas. Kui sooviks stabiilset lahendust, siis peaks valima katla, mis kataks vabalt ära vajaliku soojusvajaduse. Kolmas turul olev katel on Eesti toodang, mis sobiks suurepäraselt Teraviljakeskuse uue kuivati soojusvajadusega. Nordic Termo System õhukatel NTS-A2500 (vt Lisa 5) on suuteline välja andma maksimaalselt 2,5 MW võimsust, kuid see eeldab kvaliteetse kütuse kasutamist. Tootja näeb ette, et katel vajab ideaalseks tööks hakkepuitu fraktsiooniga 30-50 mm ja niiskussisaldusega kuni 35%. Küteaine etteandmine toimub kruvi abil, milles võib tekkida ummistusi, kui küttematerjal ei vasta nõuetele. Seega võib tekkida antud katla puhul probleeme viljajäätmete kasutamisel kütusena.

2.4. Tuha kasutamine väetisena

Põllumajandusettevõtte suurimaks kuluallikaks on põldude väetamine ja hea saagikuse tagamine. Kuni kolmandik ettevõtte eelarvest moodustavad sünteetilised väetised (vt Joonis 1.4). Igati oluline on saavutada hea saagikus ja leida tasakaal mõistliku väetamise vahel. Eesti niiske kliima soodustab muldade hapestumist, sest enamasti ületab sademete hulk maapinnalt aurustuva vee hulga, mistõttu vajavad põllud regulaarset lupjamist. Paljude põllukultuuride saagikus väheneb happelistel muldadel, sest happeline keskkond ei soosi paljude kasulike mikroorganismide arengut. Selleks on seni kõige levinuimaks mooduseks põldude lupjamine.

Lupjamine sobib odrale, nisule ja hernele. Põldusid lubjatakse varakevadel või sügisel peale koristust. Tuha eesmärk on tõsta mulla pH taset ja anda mulda fosfori ja kaaliumi ühendeid [16]. Katlamajade tuhka on varemgi põllule veetud ja saagikust analüüsitud. Näiteks tehti 2011 aastal katse, kus Tartust Anne Soojuse katlamajast transporditi tuhk Raplamaale Kuusiku katsekeskuse katsepõllule. Tulemustest järeldus see, et puutuhk sisaldab olenevalt küttematerjalist ligikaudu poole vähem kaltsiumi kui lubjakivijahu. Seetõttu tuleb puutuhka kasutada poole suuremas koguses. Arvestades, et transport on kallid, on mõistlik kasutada puutuhka lupjamiseks katlamaja lähiümbruses. Kõige väärtuslikuma tuha saab teravilja sorteerimise jäätmete põletamisel kui võtta arvesse teraviljas leiduvaid ühendeid. Selles on eriti palju fosforit, aga ka kõiki teisi väetiseks sobivaid aineid mistõttu võib lugeda sorteerimise jääkidest tekkivat tuhka eriti sobilikuks väetiseks. Samuti tuha korral on välistatud umbrohuseemnete ja soovimatute liikide idanemine põllul [17].

Lupjamine on väga tõmmahukas töö ja nõuab erinevat tehnikat. Tuhka transportimiseks kasutatakse spetsiaalseid tsisternveokeid, samuti tuha laotamiseks on spetsiaalne tehnika (vt Joonis 2.5). Annikoru Teraviljakeskus ostab praegu põldude lupjamiseks täisteenust sisse teiselt ettevõttelt. Tuhaks kasutatakse Enefix tuhka, mille kulu on 3 t/ha. Kui ettevõttel tekiks võimalus kasutada enda katlamaja tuhka, siis on kindlasti mõistlik osta sisse vaid lupjamise teenust, kasutades ära oma katlamaja tuhka.



Joonis 2.5 OÜ Melior M on valitud koostööpartneriks põldude lupjamisel [18]

2.5. Soovitused olemasoleva süsteemi optimeerimiseks

Enne kui võtta plaani suured investeeringud, tasuks kaaluda mõningaid väiksemaid hooldusrekonstrueerimistöid. Põlevkiviõli kogused on suured, mis Teraviljakeskuses aastas läbi põletatakse, siis oleks mõistlik alustuseks saada täielik ülevaade kütuse kasutusest. Esimese asjana tuleks kõikidele kateldele paigaldada kütuse mõõdikud. See loob adekvaatsema andmestiku kasutatavast kütusest ja välistab võimaluse, et tekiks teadmatu kütusekadu. Lisaks kütusevargusele aitaksid adekvaatsed andmed tuvastada ka kütuselekkeid torustikest.

Viljakuivatite suurimad energiakulud kaasnevad kuivatamise protsessiga. Kui oleks võimalik kuivati termiliselt paremini isoleerida, saavutaksime oluliselt tõhusama soojuse kasutuse. Oluline oleks, et metallist torud ja kestad oleks korralikult isoleeritud (vt Joonis 2.6).



Joonis 2.6 Puudulik isolatsioon kuivati õhutorustikul

3. PÄIKESEENERGIA

3.1. Päikeseenergiast üldiselt Eestis

Eestis ringi liikudes jäävad üha enam silma päikesejaamad ning katustele paigaldatud soojavee päikesekollektorid. Päikeseenergiast elektritootmine on üha enam tõusev trend. Viimaste aastatega on hüppeliselt kasvanud päikeseelektrijaamade arv Eestis (vt Tabel 3.1). Oluline on ka see, et võrreldes viie aasta taguse ajaga on installeritavate jaamade suurused ca 6 korda kasvanud.

Tabel 3.1 Näiteid võrguga liitunud päiksejaamadest Eestis 2017 aasta seisuga [19][20][21]

Jaama nimetus	Asukoht	Valmimine Aasta	Võimsus MW
Kärdla päikesejaam (vt joonis 3.1)	Hiiumaa, Kärdla	2017	1,1
Coop Energia OÜ päikesejaam	Harjumaa, Tallinn	2017	1
Monetrei OÜ päikesejaam	Lääne-Virumaa, Rakvere	2016	0,6
Palupera päikesejaam	Valgamaa, Palupera	2016	0,3
Saaremaa lihatööstus päikesejaam	Saaremaa, Kuressaare	2015	0,2
Saikla Päikesejaam	Saaremaa, Saikla	2016	0,28

Viis aastat tagasi oli elektrivõrguga liidetud päikeseelektrijaamu koguvõimsusega 1,7 MW, sh suurim päikeseelektrijaam oli 176 kW võimsusega Pärnu Autobaasile kuuluv elektrijaam. 2013. aastal võrku müüdnud ning toetust saava päikeseenergia kogus oli Eleringi andmetel 94 MWh [22]. 2017. aasta seisuga on jaamade võimsused oluliselt kasvanud, installeeritud koguvõimsus on Taastuvenergia Koja andmetel tõusnud 18 MW peale ja võrguga ühendatud mikrotootjaid on üle tuhande. Võrku toodeti ligikaudu 5 GWh elektrienergiat, kuid oluline osa päikeseelektrist tarbitakse koha peal ning seetõttu see statistikas ei kajastu. Reaalselt toodetud kogused on veelgi suuremad [3].



Joonis 3.1 Eesti suurim päikeseelektrijaam Hiiumaal, Kärddla lähistel [24]

Päikeseenergia maksimaalne rakendamine on Eesti tasandil sõltuv meie geograafilisest asukohast ja kliimatilistest tingimustest. Päikesekiirgust iseloomustab perioodilisus ja juhuslikkus, mis tähendab, et summaarne päikesekiirgus võib olla suures varieeruvuses päikesepaistelisel või pilvisel päeval. Elektritootmisel päikeseenergiast on oluline, et paneelidele langeks võimalikult palju ja pika aja jooksul päikesekiirgust. Arvestades Eesti väikest territoriaalsust, siis jaguneb energeetiline ressurss suhteliselt ühtlaselt. Võttes mastaabiks Euroopa, tekib juba selge eristus piirkonniti, mille erisuse peamiseks põhjuseks on ennekõike pikkuskraad. Pilviseid päevi on Eestis umbes 170-210, mis on oluliseks päikesekiirguse efektiivsuse mõjutajaks aastaegade lõikes [26]. Aasta raames langeb Eesti pinnale potentsiaalset päikeseenergiat ca 1000 kWh/m². Samuti tekib juba Eesti pikkuskraadil sisse märkimisväärne öö ja päeva pikkuse erinevus suve ja talveperioodil, millest sõltuvalt on päikesekiirguse kogus aasta lõikes ebahütlane (vt Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Päikesepaneelide tootlikkus Eestis sõltuvalt kuust suunaga lõunasse ja nurk maapinna suhtes 40° kraadi [25]

Kuu	1 kW päikesepaneelide tootlikkus kWh/kuu	1 kW päikesepaneelide tootlikkus kWh/päev	Päevas 1 kWh energia tootmiseks vajalik installeeritud võimsus kW
Jaanuar	20,2	0,7	1,5
Veebruar	48,7	1,7	0,6
Märts	87,7	2,8	0,4
Aprill	125	4,2	0,2
Mai	154	5	0,2
Juuni	148	4,9	0,2
Juuli	150	4,8	0,2
August	122	4	0,3
September	85,5	2,9	0,4
Oktoober	52,7	1,7	0,6
November	20,9	0,7	1,4
Detsember	12,2	0,4	2,6
Aastas kokku	1030 kWh		

Põhja-Euroopa, seal hulgas Eesti, päikeseenergia ressursist moodustab ca 50% hajuskiirgus. Suveperioodil, käsitlusega mai kuni september (harvem aprill kuni oktoober), langeb Eesti pinnale 88% kogu otsesest ning 77% hajuskiirguse aastasest energiast, mis teeb antud perioodi Eesti lõikes kõige efektiivsemaks [27]. Talvine suur hajuskiirguse osakaal ning madalam otsese päikesekiirguse suhe, rohkete rümpilvede esinemine või lauspilvisus teeb hajuskiirgusest Eesti mõistes väga olulise päikeseenergia ressursi. Hajuskiirguse suure osakaalu tõttu on Eestis mõistlik rakendada süsteeme, mis on võimelised kasutama ära hajuskiirguse potentsiaali, mitte ei ole sõltuvad üksnes otsesest päikesekiirgusest. Seetõttu ei ole ka päikest järgivat ajamit Eesti tingimustes otstarbekas kasutada. Investeeringu suurus, hooldus ja remondikulud viivad projekti hinna kõrgeks, ent saadav tulu päikeseenergia näol ei kompenseeri seda.

Päikeseenergia efektiivne kasutus on sõltuv suuresti ka temperatuurist. Jahedama päikesepaneeli temperatuuriga on takistus väiksem, pinge kõrgem ja toodang suurem ehk mida külmem ja tuulisem on, seda kõrgem on tootlikkus. Siinkohal on Eesti kliimatiline staatus suurepäraseks pinnaks, mil varakevadistel ja hilissügistel perioodidel on toodang võrdne suvise kõrghooajaga. Võrrelda saame Eesti tuuliste rannikualade ja saarte toodangut ka Saksamaa mitmete piirkondade toodanguga. Lisaks kuigi pilvisus ja sademed vähendavad toodangut,

tagavad sademed paneelide pideva puhta oleku ning annavad sellega panuse paneelide efektiivsemasse töösse sajuta ilmadel.

Päikesepaneelide kasutus tulevikus ei ole üksnes sõltuv inimese enda soovist tahtmaks olla säästlik ja roheline, alatest aastast 2021 peavad olema kõik uushooned liginullenergiamaajad ehk hooned peavad olema võimelised tootma ise energiat [28]. Ennustatavalt on aastaks 2050 kaetud Eestis ca 45 km² päikesepaneelidega, mis toodab optimaalse paigutuse korral 3510 GWh päikesekiirgusest pärinevat elektrienergiat aastas.

3.2. Liitumine elektrivõrguga ja päikesejaama võimsus

Päikeseelektrijaamad jagunevad tänapäeval kahte kategooriasse: võrguühendusega (On-grid) ja võrguühenduseta (Off-grid). Võrguühenduseta süsteem on individuaalne eraldiseisev tootja ja tarbija süsteem. Sellise lahenduse korral tarbitakse konkreetsetes seadmetes kogu toodetud elektrienergia ja vajadus elektrivõrgu järgi puudub. Levinumatel võrguühenduseta süsteemidel on ka enamasti juures salvesti, kuhu on võimalik varuda elektrienergiat ajal kui tootmine ületab tarbimise. Võrguühendusega tootmiseseadmed on rohkem levinud kui võrguühenduseta lahendused. Võrk katab ära salvesti rolli, mistõttu viimast pole vaja ja investering on oluliselt väiksem. Tootmisel üle jääv energia suunatakse võrku ning kui tarbimine peaks ületama tootmise, võetakse vajaminev energia võrgust. Kahesuunaline energiavoog eeldab ka kahesuunalist elektriarvestit. PV (*Photovoltaics*) jaamad jagatakse ära võimsuse alusel ja vastavalt tootja tüübile on võimalik jaama ühendada vastava võrguga (vt Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Hajatootjate klassifikatsioon [29]

Tootja tüüp	Võimsus kW	Liidetava võrgu tüüp	Liitumispinge
Mikrotootja	11	Jaotusvõrk	Madalpinge
Pisitootja	11-200	Jaotusvõrk	Madalpinge
Väiketootja	200-5000	Jaotusvõrk	Keskpinge
Suurtootja	>5000	Põhivõrk	Kõrgepinge

Annikoru Teraviljakeskuse päikesejaama ühendamise võimalused elektrivõrguga on väga head. Võrguga liitumiseks on nõutud järgmised releekaitseseaded [30]:

- 1) lühisekaitse;
- 2) liigvoolukaitse;
- 3) liigpinge- ja alapingekaitse;
- 4) sageduskaitse.

Kinnistul asuv Elektrilevi alajaam võimaldaks võrku ühendada 200 kW võimsusega elektrijaama läbi ettevõtte liitumispunkti (vt Lisa 7). Seda kinnitab ka hetkel oleva peakaitsme suurus, milleks on 3*500 A. Peakaitsme võimsuse läbilaskevõime on võimalik välja arvutada kolmefaasilise vahelduvvooluahela aktiivvõimsuse valemiga 3.1.

$$P = 3 * U * I * \cos\varphi, \quad (3.1)$$

Kus P - aktiivvõimsus (kW);

U - faasipinge efektiivväärtus (V);

I - voolutugevuse efektiivväärtus (A);

$\cos\varphi$ - võimsustegur.

Arvestades keskmiseks võimsusteguriks 0,97 on peakaitse suuteline edastama aktiivvõimsust 335 kW, mis on oluliselt rohkem kui 200 kW võimsusega päikesejaam vajab. Seega ettevõtte peakaitset poleks vaja suurendada. Ettevõtte esindaja sõnul tuleks suurema võimsusega tootmiseadmele vormistada eraldi liitumispunkt. See variant langeb välja, sest uue liitumispunkti rajamine ei ole majanduslikult otstarbekas. Eraldi võrgulepingu korral liigub kogu toodetud energia võrku. Miinuseks on konkreetse liitumisskeemi puhul see, et paneelidega pole võimalik katta omatarbe osa, mis tähendab põhjendamatult võrgutasude maksmist ning projekti tasuvusaeg seeläbi pikeneb. Seega tuleb hoolikalt kaaluda erinevate võimsustega jaamade rajamist. Väikeste tootmisüksuste mõningasteks puudusteks võib pidada nende suhteliselt kõrget investeringukulu. Vabaturutingimustes tähendab see kõrget hinda toodetud energiale, mis vähendab konkurentsivõimet tsentraalsete ja suuremate elektrijaamadega. Sellest tulenevalt on olulised võrku ühendatud tootmisüksuste puhul meetmed, mis soodustaksid kas

otseste investeeringute (PRIA toetused) või läbi toodetud energia subsiidiumitega rajada või töös hoida taastuenergia allikaid kasutatavaid elektrijaamu. Iga võrku müüdud kWh pealt maksab Elering 0,0537 eurot taastuenergia toetust [31].

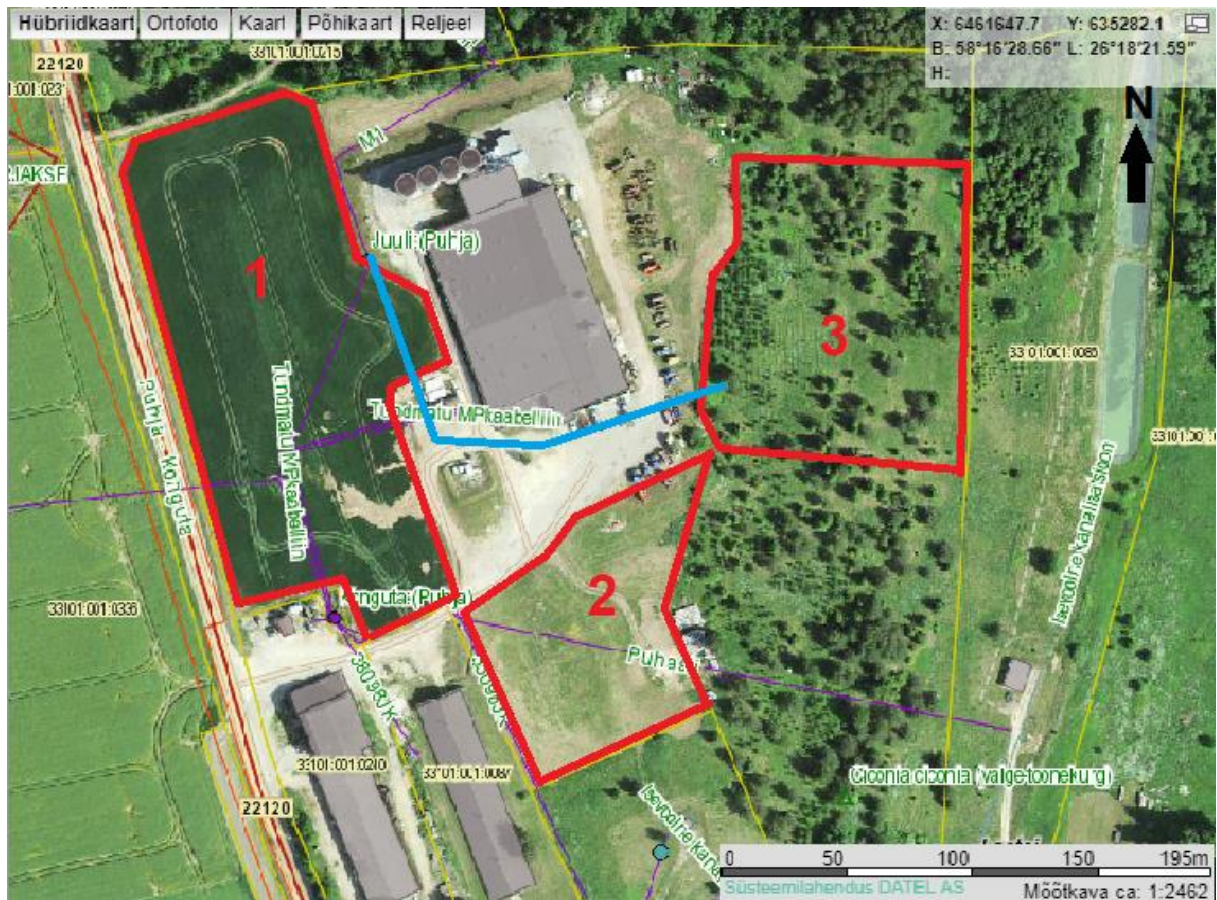
Lähtuvalt jaama võimsusest tuleb valida ka koht, läbi mille liitumine võrguga toimuks. 10-50 kW võimsusega jaama juures ei teki probleemi kaitselülitite ja seadmete paigutamisele nii SK1 kui ka SK2 elektrikilpidesse. Alates 100 kW võimsusega jaama juures tasub kindlasti kaaluda päikesajaama ühendamist teraviljakeskuse peajaotuslattidega mis asuvad alajaamas. Lähtudes liitumistingimustest on selline liitumisskeem võimalik, kuid sellisel juhul kehtib nõue, et ühenduste teostamine alajaama 0,4 kV jaotusseadmetes peab olema tellitud Elektrilevi OÜ aktsepteeritud partnerilt (vt Lisa 7).

3.3. Asendiplaan

Päikesepaneelide paigaldamisel hoonestatud piirkonnas on võimalik valida erinevate paigaldusviiside vahel. Paigaldamisel maapinnale tuleb arvestada täiendava kuluga, mis kaasneb turvatara väljaehitamise ja maapinnale paigutus eeldab ka vaba aluspinna olemasolu, kuhu konstruktsioon rajada. Eeliseks on maapinnale paigutuse juures mõnevõrra kergem paneelide hooldatavus. Samas kaasneb kohustus pinnase hoolduseks, et kasvav taimestik ei kahjustaks paneele ja seadmeid või ei hakkaks varjutama päikesekiirgust. Samuti on võimalik paneele paigaldada nii lamekatustele (probleemaatilised asjaolud on lumi ja võrdlemisi väike kaldenurk), kui ka viilkatustele. Viilkatustele paigaldamisel peab tähelepanu pöörama tuleohutusele ning samuti on soovitatav jätta paigaldamisel katuse ja paneeli vahele vähemalt 10 cm ruumi, mis võimaldaks ligipääsu paneelile ning samuti toimiks õhutusena (vähendades paneelide kuumenemisest tingitud kadusid). Visuaalselt kõige atraktiivsem viis paigaldamiseks on integreeritud katusekate, mille korral on tarvis arvestada, et paneelid peavad olema võimelised tagama ilmastikukindluse. Paneele on võimalik paigaldada ka hoonete fassaadidele. Sellise paigaldusviisi eeliseks on kaitse lume kuhjumise vastu [32].

Annikoru Teraviljakeskuses on piisavalt potentsiaalset maa-ala paneelide paigutuseks. Maa-ameti andmetel on Hoidla kinnistu pindala 8,2 ha, millest 0,5 ha on ehitiste alune maa, 2,2 ha haritav maa, 4,5 ha looduslik rohumaa ja 1 ha muu maa. Maa-ameti kaardirakenduse andmetel puuduvad looduskaitse ja Natura 2000 kaitsealad kinnistul. Küll aga on mõningad kitsendused seoses elektriliini kaitsevöönditega (vt Joonis 3.2) Samuti selgus kohe see, et hoone katus ei ole

sobilik päikeselektrijaama paigalduseks, sest lähima kümne aasta jooksul on plaanis suuremad remont- ja hooldustööd katusel.



Joonis 3.2 Hoidla kinnistu kitsendused ja päikesejaamale potentsiaalsed maa-alad

Töös analüüsitud võimsaim 200 kW jaam nõuab enda alla natuke vähem kui 1 ha maad. Näiteks võib tuua Saaremaal Saikla 280 kW võimsusega jaama, mis võtab enda alla ühe hektari põllumaad [33]. Kõige mõistlikum ja mugavam oleks paigaldada paneelid hoonest lääne poole jäävale põllumaale (vt Joonis 3.2, tähistus 1). Ühendus alajaamaga oleks kindlasti sellel variandil kõige lühem ja soodsam. Küll aga pole ettevõtte huvitatud põllumaa otstarbe muutmisest. Kui hetkel on konkreetse haritava maa pindala 1,6 ha, siis paneelide installeerimisega väheneks põllu ala poole võrra ja 0,8 ha suurusega tükil on juba oluliselt tülikam masinatega majandada ja head toodangut saada. Kui terve põld tootmisest välja langeb, tähendab see aastast alternatiivkulu päikeselektrijaamale 500-800 € aastas (vt Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Kultuuride tasuvus 2014. aasta andmetel [34]

Kultuur	Saagikus t/ha	Omahind €/t	Müügihind €/t	Kasum €/t	Kasum €/ha
Talinisu	7	111	180	69	483
Oder	7	94	140	46	322
Taliraps	3,4	227	340	113	384
Hernes	4	125	210	85	340

Töö autori soovitusel oleks teine potentsiaalne maa-ala hetkel tühjana seisev lõunasse jääv rohumaa (vt joonis 3.2, tähistus 2). Ettevõtte näeb antud osal pigem suuremat kasutust talveperioodil, kui toimub küttepuidude tootmine, siis on antud maa-ala kasutuses. Hoolikal vaatlusel on näha joonisel palgivirna rohumaa servas. Kõige paremini ettevõttele sobiv maa-ala jääb kuivatihoonest ida poole. Tegemist on võssa kasvanud alaga (vt joonis 3.2, tähistus 3), millega ettevõttel puuduvad konkreetset tulevikuplaanid. Päikesejaama rajamiseks oleks vajalik teostada lageraie, kändude juurimine ja pinnase silumine. Kasuks tuleb antud osa juures suurem privaatsus, see tähendab et päikesejaama juurde ei ole võimalik nii sama lihtsalt tulla kui jaam paikneks tee ääres. Samuti on antud alal vähem tolmu ja paneelid püsivad puhtamana. Suurim negatiivne külg on antud asukoha juures ühendus alajaamaga. Joonisel 3.2 on tähistatud sinisega potentsiaalne asukoht kaablile, mis maa-ameti kaardirakenduse järgi annab kaabli kogupikkuseks 200 meetrit. Et võrrelda asendiplaani konkurentsivõimet siis on välja arvatud sobiva kaabli ristlõike pindala S (mm²) ja leitud sobiva kaabli hind. Arvutustes lähtutakse sellest, et kaablis tekkiv kadu ei ületaks 2,5%.

$$S = L * \rho \frac{P}{2,5\% * U^2 * 3 * 10^6} \quad (3.2)$$

kus L – kaabli pikkus (m);

ρ – eritakistus, mis on vase puhul $2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$; [35]

P – kaablis ülekantav võimsus (W);

U – süsteemi pinge (V). [36]

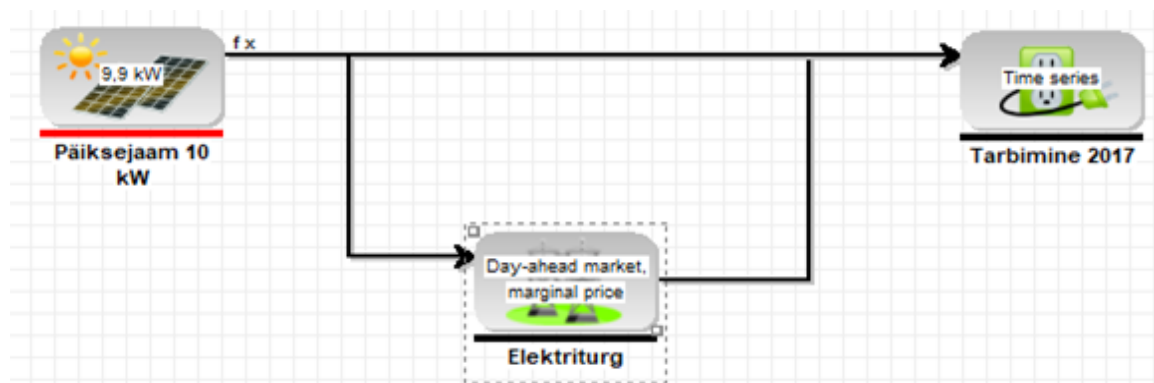
Minimaalselt peab olema kaabli ristlõige 282 mm². Sobilik kaabel võiks olla näiteks Draka AXPk 4G300 ristlõikega 300 mm², mille maksimaalne koormusvool pinnases on tootja andmetel 420 A [37]. Feb kodulehel on müügil eelpool mainitud kaabel hinnaga 16,83 €/m, 200

meetrise lõigu maksumuseks tuleb 3366 € [38]. Lisanduvad veel kulutused kaabli paigaldusele, võsalõikusele ja pinnase ettevalmistamisele. Seega tasub kaaluda just majanduslikust aspektist esimese variandi kasutuselevõttu.

3.4. Modelleerimistarkvara EnergyPRO

Hajaenergeetika planeerimiseks ning modelleerimiseks on kõige sobilikum kasutada modelleerimistarkvara EnergyPRO-d. Programm EnergyPRO võimaldab modelleerida elektri tootmist ja tarbimist. Simuleeritavasse süsteemi on võimalik lisada asjakohaseid andmeid. Käesoleva töö jaoks sisestati perioodi 2013-2017 keskmised tunnipõhised tarbimisandmed, sama perioodi keskmised elektri hinnad, võrgutasud, marginaalid, toetused ja maksud. Programmi andmebaasidest oli võimalik alla laadida perioodi 2013-2017 Elva valla tunnipõhised temperatuuri ja päikesekiirgusandmed. Päikesekiirgusest oleneb, et kui palju energiat langeb vaadeldavas piirkonnas ruutmeetri suurusele pinnale. Välitemperatuur on oluline aspekt paneelide jahutamisel, sest paneeli temperatuur mõjutab oluliselt paneelidest saadava toodangu kogust.

Modelleeritavatel päikeseelektrijaamadel peab ära määrama paneelide võimsuse ja tehnilised parameetrid. Paneelidest valiti projekti 320 W võimsusega Vikram Eldora paneelid. Tehnilistest näitajatest oli vaja välja tuua väljundvõimsuse sõltuvus temperatuurist. Väljundvõimsuse temperatuuri sõltuvus esitatakse protsendina ühe kraadi temperatuuri muutuse kohta nt. $TC P_{mpp} -0,41; -0,45; -0,49\%/K$. Valitud paneelil oli antud väärtus $-0,41\%/K$. Teine oluline parameeter oli paneeli normaal töötemperatuur, antud paneelidel $42,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Joonis 3.3 Päikeseelektrijaama modelleerimine EnergyPRO-s

Programmi puuduseks võib tuua selle, et töödeldud andmeid ja tulemusi oli võimalik alla laadida ainult graafilisel kujul. Seega on töös välja toodud jaanuari ja augusti kuu päikesejaama toodangut ja ettevõtte tarbimist iseloomustavad joonised ekraanitõmmisena.

3.5. 10 kW päikesejaama tasuvusanalüüs Annikoru teraviljakeskusesse

10 kW võimsusega päikesejaam on üks enamlevinud jaama suurus eraklientidele. Tavaliselt võib näha jaamasid eramute katustel (vt Joonis 3.4). Jaama rajamine on enamasti lihtne, sest just liitumine elektrivõrguga oli varasemalt alla 11 kW jaamade puhul väga lihtne. Praeguseks on tõstnud Elektrilevi väiketootja liitumise piiri kuni 200 kW-ni [39]. Päikesejaama hinnaks on võetud Energogen kodulehelt näidishinnapakumine (vt Lisa 8).



Joonis 3.4 9 kW nimivõimsusega päikesejaam Pärnumaal, Tasase talus

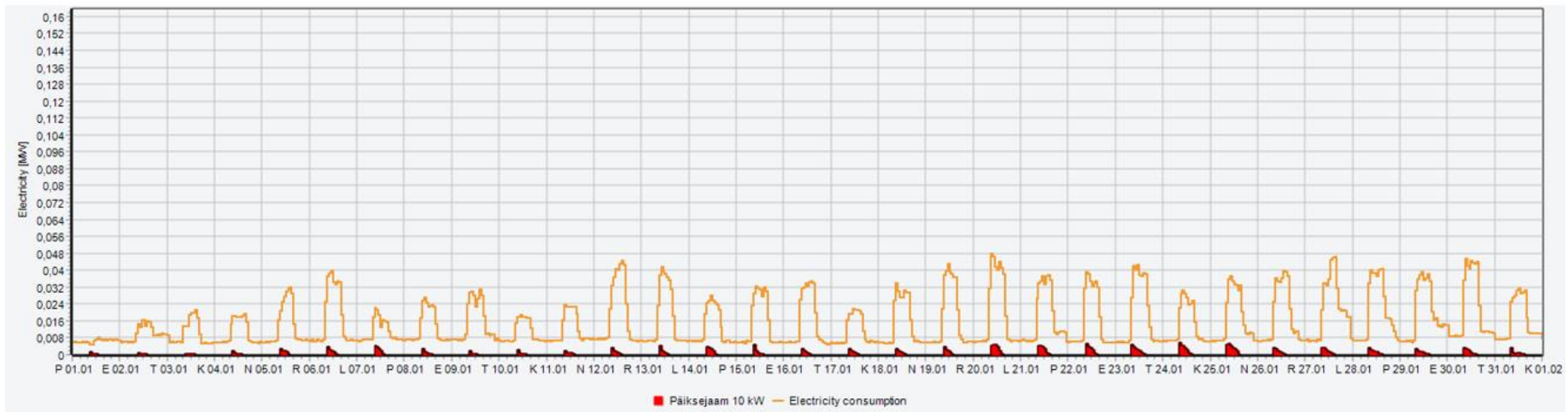
Elektrienergia toodangu leidmiseks arutati Microsoft Excelis perioodi 2013-2017 keskmised aktiivenergia tunnitarbimise andmed, EnergyPro tarkvarast laeti alla Elva valla tunnipõhised kiirgus- ja temperatuurandmed perioodil 2013-2017. Sarnaselt aktiivenergiele leiti ka kiirgus- ja temperatuurandmete tunnipõhised keskmised väärtused. Edasi analüüs toimus EnergyPro tarkvaras, välja on toodud keskmine päikesejaama toodang ja rahavoog erinevatel kuudel.

Lisaks on graafiliselt välja toodud ettevõtte keskmine tarbimine ja päikesejaama toodang päevade lõikes jaanuaris ja suurima tarbimisega kuul augustis.

Tabel 3.5 10 kW päikesejaama toodetud energia ja ettevõtte energiatarve viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Kuu	Ettevõtte energiatarve MWh	Jaama toodang MWh	Müük võrku MWh	Ost võrgust MWh	Kohapeal tarbitu osakaal %
Jaanuar	11,1	0,3	0	10,8	100
Veebruar	9,5	0,3	0	9,2	100
Märts	8	0,9	0	7,1	100
Aprill	5,7	1,1	0	4,6	100
Mai	4,4	1,5	0	2,9	100
Juuni	3,1	1,4	0,1	1,8	93
Juuli	13,8	1,4	0	12,4	100
August	74,2	1,4	0	72,8	100
September	47,6	0,9	0	46,7	100
Oktoober	25,1	0,5	0	24,6	100
November	13,7	0,2	0	13,5	100
Detsember	8,2	0,1	0	8,1	100
Kokku	224,4	10	0,1	214,5	99

Viie aasta keskmiste tarbimisandmete juures tarbitakse 10 kW võimusega päikesejaama toodangut enamus ettevõttes. Suurima tootlusega kuud on mai (1,5 MW), juuni, juuli ja august (1,4 MW). Võrku müük toimub vaid juunis, sest jaama tootlus on kõrge ja ettevõtte tarve on madal puhkuste tõttu. Võrku müüdava elektri osa on marginaalne, 1%. Sama saab öelda ka päikesejaama toodangu kohta ettevõtte elektritarbega võrreldes, mis moodustab 4,5%. Seda illustreerib ka hästi all olev joonis (vt Joonis 3.5) kus selgelt paistab, et päikeseelektrijaama toodang on väga marginaalne võrreldes tarbimisega. Joonise ülemises osas on jaanuari ehk talvekuu ja alumises osas augusti ehk suvekuu elektri tootmine ja tarbimine tunnipõhiselt. Tabelis (vt Tabel 3.6) on välja toodud esimese aasta rahavoog kuude lõikes viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal. Esimese aastaga oleks võimalik keskmiste andmete põhjal päikesejaamaga kokku hoida kulutusi elektrienergiale 800 €. 10 kW nimivõimsusega päikesejaama lihttasuvusaeg on ligi 14 aastat. Investeeringu kogutootlus 25-aastaselt perioodil on 5% aastas. Kui ettevõtte eeldab investeeritud summalt aastast tootlust 6%, siis projekt ei ole tasuv, lõpetades 950 € suuruse kahjumiga. Tasuvusarvutuses on arvesse võetud paneelide toodangu vähenemist esimesel aastal 2,5% ja igal järgneval aastal 0,67% [40]. Lisaks on arvestatud igal aastal hooldus- ja remondifondi jaoks 0,5% alginvesteeringust.



Joonis 3.5 Jaanuari (üleval) ja augusti (all) kuu keskmised tunnipõhised tarbimis- ja tootmisandmed 10 kW jaamal viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Tabel 3.6 10 kW päikesejaama rahaline tootlus aastas kuude kaupa viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Kuu	Elektri müük €	Taastuenergia toetus €	Sääst elektri ostust €	Sääst võrgu-teenuselt €	Sääst ostumarginaalilt €	Sääst elektri-aktsiisilt €	Sääst taastuenergia tasust €	Kokku €
Jaanuar	0	0	14	7,2	0,1	1,3	2,7	25,3
Veebruar	0	0	12	7,2	0,1	1,3	2,7	23,3
Märts	0	0	35	21,5	0,4	4	8	68,9
Aprill	0	0	42	26,3	0,5	4,9	9,8	83,5
Mai	0	0	58	35,9	0,6	6,7	13,4	114,6
Juuni	5	5,4	60	31,1	0,6	5,8	11,6	119,4
Juuli	0	0	59	33,5	0,6	6,3	12,5	111,8
August	0	0	60	33,5	0,6	6,3	12,5	112,8
September	0	0	40	21,5	0,4	4	8	73,9
Oktoober	0	0	22	12	0,2	2,2	4,5	40,9
November	0	0	7	4,8	0,1	0,9	1,8	14,5
Detsember	0	0	4	2,4	0	0,4	0,9	7,8
Kokku	5	5,4	413	236,6	4,3	44,3	88,1	796,6

Tabel 3.7 10 kW päikesejaama rahavoogude aruanne viie aasta keskmiste andmete põhjal

Aasta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	18	19	20	21	22	23	24	25
TASUVUSARVUTUSE EELDUSED																	
PV paneelide tootangu vähenemine aastas, %		2,5%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Hoolduskulud alginvesteeringust, €		0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Investeeringu maksumus (ilma KM), €	10000																
Paigaldatud PV jaama võimsus, kW	10																
Eeldatav projekti tootlus aastas, diskontomäär, %	6%																
PV paneelide tootang aastas, MWh		10,0	9,9	9,9	9,8	9,7	9,7	9,6	9,5	8,9	8,9	8,8	8,7	8,7	8,6	8,6	8,5
Kohapeal ära tarbitud PV elektrienergia, MWh		9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,7	9,6	9,5	8,9	8,9	8,8	8,7	8,7	8,6	8,6	8,5
Elektrienergia võrku müügiks, MWh		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tulu võrku müüdavalt elektrilt, €		5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tulu taastuvenergia tasu (esimesed 12 a.), €		5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
Sääst elektri ostust, €		413,0	414,4	411,6	408,8	406,1	403,4	400,7	398,0	372,1	369,6	367,1	364,7	362,2	359,8	357,4	355,0
Sääst võrguteenuselt, €		236,6	237,4	235,8	234,2	232,6	231,1	229,5	228,0	213,2	211,8	210,3	208,9	207,5	206,1	204,8	203,4
Sääst ostumarginalilt, €		4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7
Sääst elektriaktsiisilt, €		44,3	44,4	44,1	43,9	43,6	43,3	43,0	42,7	39,9	39,6	39,4	39,1	38,9	38,6	38,3	38,1
Sääst taastuvenergiatasust, €		88,1	88,4	87,8	87,2	86,6	86,0	85,5	84,9	79,4	78,8	78,3	77,8	77,3	76,8	76,2	75,7
PROJEKTI RAHAVOOG																	
Investeeringu kogumaksumus, €	-10000																
Laekumine elektri müügist võrku (elekt+taastuvenergiatasu), €		10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Omatarbe alternatiivne maksumus (elekt+võrgutasu+maksud), €		786,3	788,9	783,6	778,4	773,2	768,0	762,8	757,7	708,5	703,7	699,0	694,3	689,7	685,1	680,5	675,9
Hooldus ja remondikulud, €		-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0
KOKKU:	-10000	751,7	743,9	738,6	733,4	728,2	723,0	717,8	712,7	663,5	658,7	654,0	649,3	644,7	640,1	635,5	630,9
Kumulatiivne rahavoog, €	-10000	-9248,3	-8504,4	-7765,7	-7032,4	-6304,2	-5581,2	-4863,4	-4150,6	2703,0	3361,7	4015,7	4665,1	5309,7	5949,8	6585,3	7216,2
Projekti tootlus IRR %	5%																
Nüüdispuhasväärtus (NPV), €	-953,31																
Lihttasuvusaeg, aastat	13,97																

3.6. 100 kW päikesejaama tasuvusanalüüs Annikoru teraviljakeskusesse

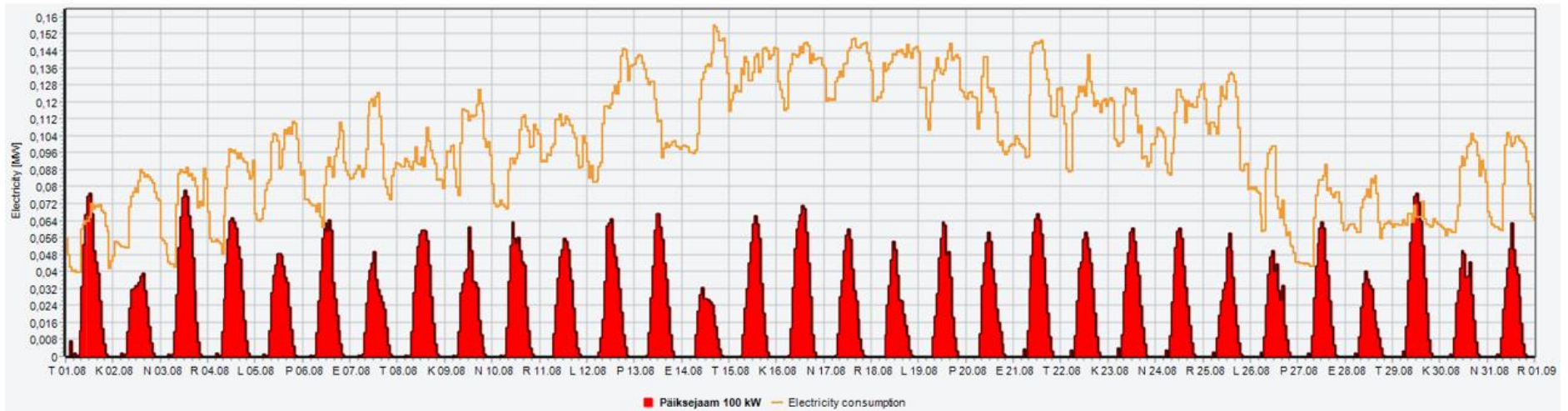
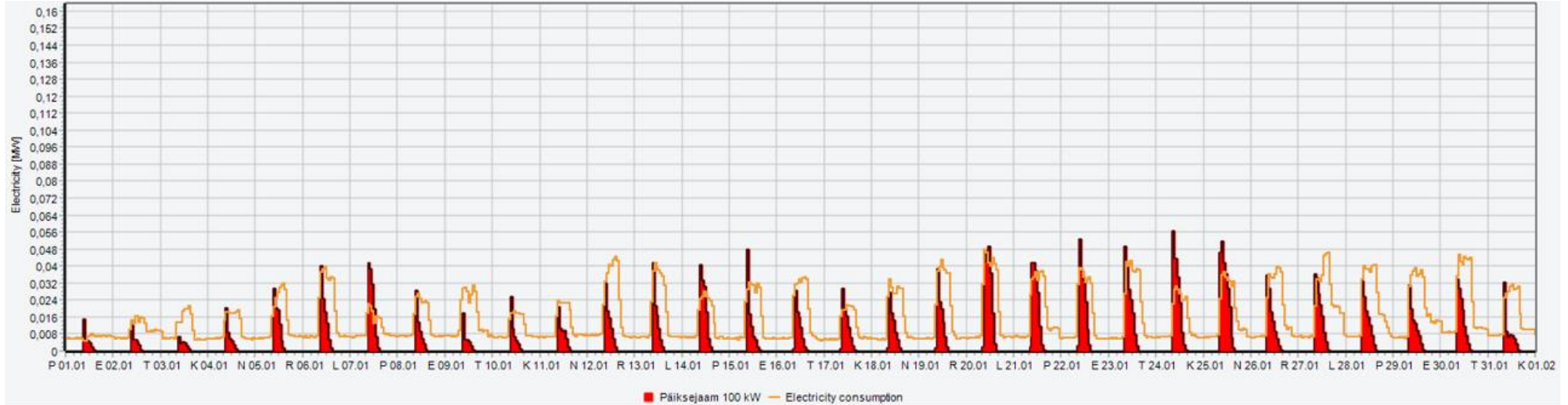
Installeerides suurema päikesejaama on võimalik katta suuremat osa ettevõtte elektritarbest. Järgnevas tabelis (vt Tabel 3.8) on näha, et võrgust ostetav energiakogus on langenud 168 MWh peale, kui 10 kW jaama puhul oli see 215 MWh. PV jaama hind kajastub lisades (vt Lisa 8).

Tabel 3.8 100 kW päikesejaama toodetud energia ja ettevõtte energiatarve viie aasta keskmiste andmete põhjal

Kuu	Ettevõtte energiatarve MWh	Jaama toodang MWh	Müük võrku MWh	Ost võrgust MWh	Kohapeal tarbitu osakaal %
Jaanuar	11,1	3,3	0,4	8,2	88%
Veebruar	9,5	3,2	0,5	6,8	84%
Märts	8	9,4	4,7	3,3	50%
Aprill	5,7	11	7	1,7	36%
Mai	4,4	15,5	12,2	1,1	21%
Juuni	3,1	14,1	11,8	0,8	16%
Juuli	13,8	14,1	6,9	6,6	51%
August	74,2	13,8	0,1	60,5	99%
September	47,6	8,7	0	38,9	100%
Oktoober	25,1	5,1	0,3	20,3	94%
November	13,7	1,9	0,3	12,1	84%
Detsember	8,2	1,1	0,3	7,4	73%
Kokku	224,4	101,2	44,5	167,7	56%

Kohapeal suudetakse tarbida 100% omatoodangust vaid augustis, kuid päikesejaam ei suuda ühelgi kuul 100% katta ettevõtte energiavajadust (vt Joonis 3.6). Suurema tootlikkusega kuud on mai (15,5 MWh), juuni ja juuli (14,1 MWh). Võrku müüakse alla poole toodetud elektrist.

Rahaliselt on 100 kW võimsusega päikesejaamal tuntav mõju võrku müüdaval osal. Müüdava elektri ja taastuvenergiatoetuse pealt on võimalik esimene aasta teenida ca 4000 € (vt Tabel 3.9). Kokku oleks võimalik hoida esimesel aastal päikesejaamaga kulutusi elektrienergiale ligemale 9000 €. 100 kW nimivõimsusega päikesejaama lihttasuvusaeg on 11,2 aastat. Investeeringu kogutootlus 25-aastasel perioodil on 6% aastas. Kui ettevõtte eeldab investeeritud summalt aastast tootlust 6%, siis projekt on tasuv, lõpetades 1075 € suuruse kasumiga. Tasuvusarvutuses on arvesse võetud paneelide toodangu vähenemist esimesel aastal 2,5% ja igal järgneval aastal 0,67% [40]. Lisaks on arvestatud igal aastal hooldus- ja remondifondi jaoks 0,5% alginvesteeringust.



Joonis 3.6 Jaanuari (üleval) ja augusti (all) kuu keskmised tunnipõhised tarbimis- ja tootmisandmed 100 kW jaamal viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Tabel 3.9 100 kW päikesejaama rahaline tootlus aastast kuude kaupa viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Kuu	Elektri müük €	Taastuenergia toetus €	Sääst elektri ostust €	Sääst võrguteenuselt €	Sääst ostumarginaalilt €	Sääst elektriaktsiisilt €	Sääst taastuenergia tasust €	Kokku €
Jaanuar	17	21,5	125	69,3	1,2	13	25,8	272,8
Veebruar	19	26,9	103	64,5	1,2	12,1	24	250,6
Märts	176	252,4	172	112,3	2	21	41,8	777,6
Aprill	267	375,9	157	95,6	1,7	17,9	35,6	950,7
Mai	468	655,1	126	78,9	1,4	14,8	29,4	1373,6
Juuni	547	633,7	102	55	1	10,3	20,5	1369,4
Juuli	301	370,5	296	172,1	3,1	32,2	64,1	1239
August	2	5,4	599	327,4	5,9	61,2	121,9	1122,9
September	0	0	399	207,9	3,7	38,9	77,4	727
Oktoober	12	16,1	208	114,7	2,1	21,5	42,7	417,1
November	10	16,1	63	38,2	0,7	7,2	14,2	149,4
Detsember	11	16,1	32	19,1	0,3	3,6	7,1	89,3
Kokku	1830	2389,7	2382	1355,1	24,4	253,4	504,6	8739,2

Tabel 3.10 100 kW päikesejaama rahavoogude aruanne viie aasta keskmiste andmete põhjal

Aasta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	18	19	20	21	22	23	24	25
TASUVUSARVUTUSE EELDUSED																	
PV paneelide tootangu vähenemine aastas, %		2,5%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Hoolduskulud alginvesteeringust, €		0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Investeeringu maksumus (ilma KM), €	89780																
Paigaldatud PV jaama võimsus, kW	100																
Eeldatav projekti tootlus aastas, diskontomäär, %	6%																
PV paneelide tootang aastas, MWh		101,2	100,5	99,8	99,2	98,5	97,9	97,2	96,5	90,3	89,7	89,1	88,5	87,9	87,3	86,7	86,1
Kohapeal ära tarbitud PV elektrienergia, MWh		56,7	56,5	56,4	56,2	56,1	55,9	55,8	55,6	54,2	54,0	53,9	53,7	53,6	53,4	53,3	53,1
Elektrienergia võrku müügiks, MWh		44,5	44,0	43,5	42,9	42,4	41,9	41,4	40,9	36,1	35,7	35,2	34,8	34,3	33,9	33,4	33,0
Tulu võrku müüdavalt elektrilt, €		1830,0	1808,4	1787,0	1765,7	1744,7	1723,7	1703,0	1682,4	1485,3	1466,4	1447,7	1429,2	1410,8	1392,5	1374,4	1356,4
Tulu taastuenergia tasu (esimesed 12 a.), €		2389,7	2361,5	2333,5	2305,8	2278,3	2250,9	2223,9	2197,0								
Sääst elektri ostust, €		2382,0	2375,6	2369,2	2362,8	2356,4	2350,0	2343,7	2337,3	2275,0	2268,9	2262,7	2256,6	2250,5	2244,4	2238,4	2232,3
Sääst võrguteenuselt, €		1355,0	1351,3	1347,7	1344,1	1340,4	1336,8	1333,2	1329,6	1294,1	1290,6	1287,2	1283,7	1280,2	1276,8	1273,3	1269,9
Sääst ostumarginalilt, €		24,4	24,3	24,3	24,2	24,1	24,1	24,0	23,9	23,3	23,2	23,2	23,1	23,1	23,0	22,9	22,9
Sääst elektriaktsiisilt, €		253,4	252,7	252,0	251,4	250,7	250,0	249,3	248,6	242,0	241,4	240,7	240,1	239,4	238,8	238,1	237,5
Sääst taastuenergiatasust, €		504,6	503,2	501,9	500,5	499,2	497,8	496,5	495,1	481,9	480,6	479,3	478,0	476,7	475,5	474,2	472,9
PROJEKTI RAHAVOOG																	
Investeeringu kogumaksumus, €	-89780																
Laekumine elektri müügist võrku (elekt+taastuenergiatasu), €		4219,7	4169,9	4120,5	4071,5	4022,9	3974,7	3926,8	3879,4	1485,3	1466,4	1447,7	1429,2	1410,8	1392,5	1374,4	1356,4
Omatarbe alternatiivne maksumus (elekt+taastuenergiatasu+maksud), €		4266,0	4507,2	4495,0	4482,9	4470,8	4458,7	4446,7	4434,7	4316,4	4304,7	4293,1	4281,5	4270,0	4258,4	4246,9	4235,5
Hooldus ja remondikulud, €		-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0	-404,0
KOKKU:	-89780	8081,7	8273,1	8211,6	8150,4	8089,7	8029,4	7969,5	7910,0	5397,7	5367,2	5336,8	5306,7	5276,7	5246,9	5217,3	5187,9
Kumulatiivne rahavoog, €	-89780	-81698,3	-73425,2	-65213,6	-57063,2	-48973,5	-40944,1	-32974,6	-25064,6	38839,1	44206,3	49543,1	54849,8	60126,5	65373,4	70590,7	75778,6
Projekti tootlus IRR %	6%																
Nüüdispuhasväärtus (NPV), €	1075,70																
Lihttasuvusaeg, aastat	11,22																

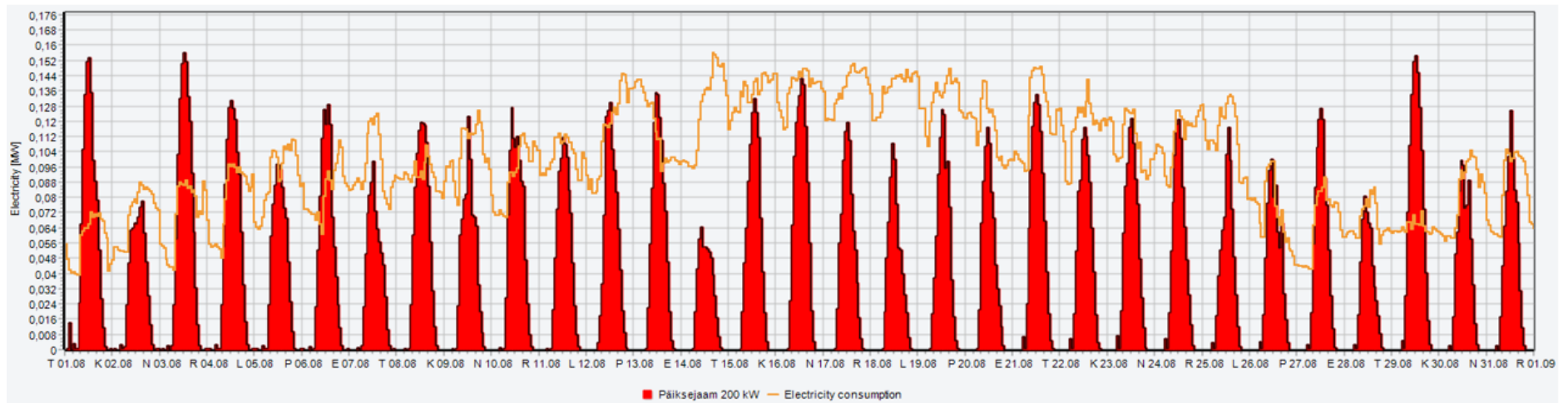
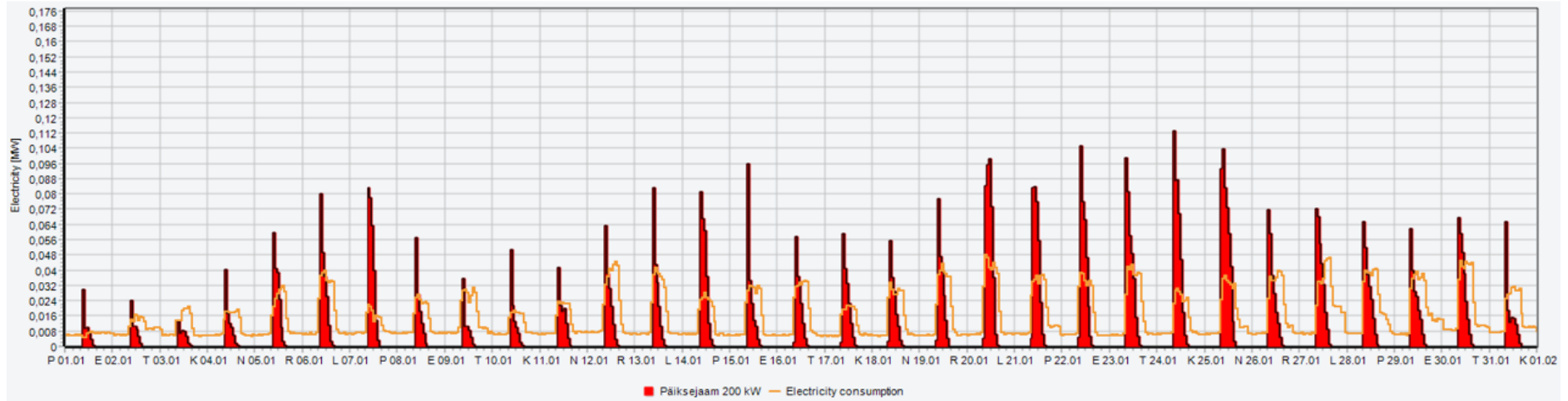
3.7. 200 kW päikesejaama tasuvusanalüüs Annikoru teraviljakeskusesse

200 kW võimsusega päikesejaama valikul on oluline leida jaamale sobiv asukoht. Esimene faktor on ühendusvõimalus elektrivõrguga ja teine on vaba päikselise pinna olemasolu. Asukoha valikut on põhjalikumalt analüüsitud peatükis 3.3. Päikseelektrijaama hinnapakumine on lisades (vt Lisa 9)

Tabel 3.11 200 kW päikesejaama toodetud energia ja ettevõtte energiatarve viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Kuu	Ettevõtte energiatarve MWh	Jaama toodang MWh	Müük võrku MWh	Ost võrgust MWh	Kohapeal tarbitu osakaal %
Jaanuar	11,1	6,5	2,4	7	63%
Veebruar	9,5	6,5	2,4	5,4	63%
Märts	8	18,9	13,6	2,7	28%
Aprill	5,7	22,1	17,9	1,5	19%
Mai	4,4	31	27,6	1	11%
Juuni	3,1	28,2	25,8	0,7	9%
Juuli	13,8	28,3	19,8	5,3	30%
August	74,2	27,6	2,1	48,7	92%
September	47,6	17,5	1	31,1	94%
Oktoober	25,1	10,1	2,2	17,2	78%
November	13,7	3,7	1	11	73%
Detsember	8,2	2,2	0,9	6,9	59%
Kokku	224,4	202,6	116,7	138,5	42%

Suurima tootlikkusega on taas juuni ja juuli, väiksema tootlikkusega on detsember, tootlikkusega 2,2 MWh. Üle poole toodangust müüakse võrku. Samas on oluline märkida, et kohapeal tarbitav energia moodustab ettevõtte kogutarbest ca 50% (vt Tabel 3.10). Suurima tarbimisega kuul, augustis on näha, et tarbimine on stabiilselt 100 ja 160 kW vahel, kuid PV jaam katab seda vaid päevasel ajal (vt Joonis 3.7). Esimese aastaga on võimalik päikesejaamaga kokku hoida kulutusi elektrienergiale 7000 € millele lisandub veel tuluna võrku müüdüd elekter ja taastuvenergiatoetus kogusummas 11000 € (vt Tabel 3.11). Päikesejaama lihttasuvusaeg on 10,2 aastat. Kui ettevõtte eeldab investeeritud summalt aastast tootlust 6%, siis projekt on tasuv, teenides kokku 12800 €. Tasuvusarvutuses on arvesse võetud paneelide toodangu vähenemist esimesel aastal 2,5% ja igal järgneval aastal 0,67% [40]. Lisaks on arvestatud igal aastal hooldus- ja remondifondi jaoks 0,5% alginvesteeringust.



Joonis 3.7 Jaanuari (üleväl) ja augusti (all) kuu keskmised tunnipõhised tarbimis- ja tootmisandmed 200 kW jaamal viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Tabel 3.12 200 kW päikesejaama rahaline tootlus aastas kuude kaupa viimase viie aasta keskmiste andmete põhjal

Kuu	Elektri müük €	Taastuvenergia toetus €	Sääst elektri ostust €	Sääst võrgu-teenuselt €	Sääst ostumarginaalilt €	Sääst elektri-aktsiisilt €	Sääst taastuv-energia tasust €	Kokku €
Jaanuar	112	128,9	172	98	1,8	18,3	36,5	567,5
Veebruar	92	128,9	153	98	1,8	18,3	36,5	528,5
Märts	506	730,3	192	126,7	2,3	23,7	47,2	1628,1
Aprill	688	961,2	160	100,4	1,8	18,8	37,4	1967,6
Mai	1062	1482,1	128	81,3	1,5	15,2	30,3	2800,3
Juuni	1196	1385,5	104	57,4	1	10,7	21,4	2775,9
Juuli	851	1063,3	345	203,2	3,7	38	75,7	2579,7
August	91	112,8	1112	609,5	11	114	227	2277,1
September	53	53,7	747	394,4	7,1	73,8	146,9	1475,8
Oktoober	88	118,1	352	188,8	3,4	35,3	70,3	856
November	36	53,7	110	64,5	1,2	12,1	24	301,5
Detsember	33	48,3	54	31,1	0,6	5,8	11,6	184,3
Kokku	4808	6266,8	3629	2053	36,9	384	764,5	17942,2

Tabel 3.13 200 kW päikesejaama rahavoogude aruanne viie aasta keskmiste andmete põhjal

Aasta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	18	19	20	21	22	23	24	25
TASUVUSARVUTUSE EELDUSED																	
PV paneelide tootangu vähenemine aastas, %		2,5%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Hoolduskulud alginvesteeringust, €		0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Investeeringu maksumus (ilma KM), €	168870																
Paigaldatud PV jaama võimsus, kW	200																
Eeldatav projekti tootlus aastas, diskontomäär, %	6%																
PV paneelide tootang aastas, MWh		202,6	201,2	199,9	198,6	197,2	195,9	194,6	193,3	180,7	179,5	178,3	177,1	175,9	174,7	173,6	172,4
Kohapeal ära tarbitud PV elektrienergia, MWh		85,9	85,7	85,4	85,2	85,0	84,7	84,5	84,3	82,0	81,8	81,6	81,4	81,2	80,9	80,7	80,5
Elektrienergia võrku müügiks, MWh		116,7	115,6	114,5	113,3	112,2	111,2	110,1	109,0	98,7	97,7	96,7	95,7	94,8	93,8	92,9	91,9
Tulu võrku müüdavalt elektrilt, €		4808,0	4761,6	4715,6	4669,9	4624,6	4579,6	4535,0	4490,7	4065,5	4024,8	3984,3	3944,2	3904,4	3864,8	3825,6	3786,7
Tulu taastuenergia tasu (esimesed 12 a.), €		6266,8	6206,4	6146,4	6086,8	6027,8	5969,1	5910,9	5853,2								
Sääst elektri ostust, €		3629,0	3619,2	3609,4	3599,7	3590,0	3580,3	3570,6	3561,0	3466,0	3456,6	3447,3	3438,0	3428,7	3419,4	3410,2	3401,0
Sääst võrguteenuselt, €		2053,0	2047,5	2041,9	2036,4	2030,9	2025,4	2020,0	2014,5	1960,8	1955,5	1950,2	1944,9	1939,7	1934,4	1929,2	1924,0
Sääst ostumarginalilt, €		36,9	36,8	36,7	36,6	36,5	36,4	36,3	36,2	35,2	35,1	35,1	35,0	34,9	34,8	34,7	34,6
Sääst elektriaktsiisilt, €		384,0	383,0	381,9	380,9	379,9	378,8	377,8	376,8	366,8	365,8	364,8	363,8	362,8	361,8	360,8	359,9
Sääst taastuenergiatasust, €		764,5	762,4	760,4	758,3	756,3	754,2	752,2	750,2	730,2	728,2	726,2	724,3	722,3	720,4	718,4	716,5
PROJEKTI RAHAVOOG																	
Investeeringu kogumaksumus, €	-168870																
Laekumine elektri müügist võrku (elekt+taastuenergiatasu), €		11074,8	10968,0	10862,0	10756,8	10652,4	10548,7	10445,9	10343,8	4065,5	4024,8	3984,3	3944,2	3904,4	3864,8	3825,6	3786,7
Omatarbe alternatiivne maksumus (elekt+taastuenergiatasu+maksud), €		6867,4	6848,9	6830,4	6811,9	6793,5	6775,2	6756,9	6738,7	6558,9	6541,2	6523,5	6505,9	6488,4	6470,8	6453,4	6435,9
Hooldus ja remondikulud, €		-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9	-759,9
KOKKU:	-168870	17182,3	17056,9	16932,4	16808,8	16686,0	16564,0	16442,9	16322,6	9864,5	9806,1	9748,0	9690,2	9632,8	9575,7	9519,0	9462,7
Kumulatiivne rahavoog, €	-168870	-151687,7	-134630,8	-117698,3	-100889,6	-84203,6	-67639,6	-51196,7	-34874,1	89306,2	99112,2	108860,2	118550,4	128183,2	137758,9	147277,9	156740,6
Projekti tootlus IRR %		7%															
Nüüdispuhasväärtus (NPV), €		12823,95															
Lihttasuvusaeg, aastat		10,16															

3.8. Tasuvuse analüüs sõltuvalt päikesejaama võimsusest

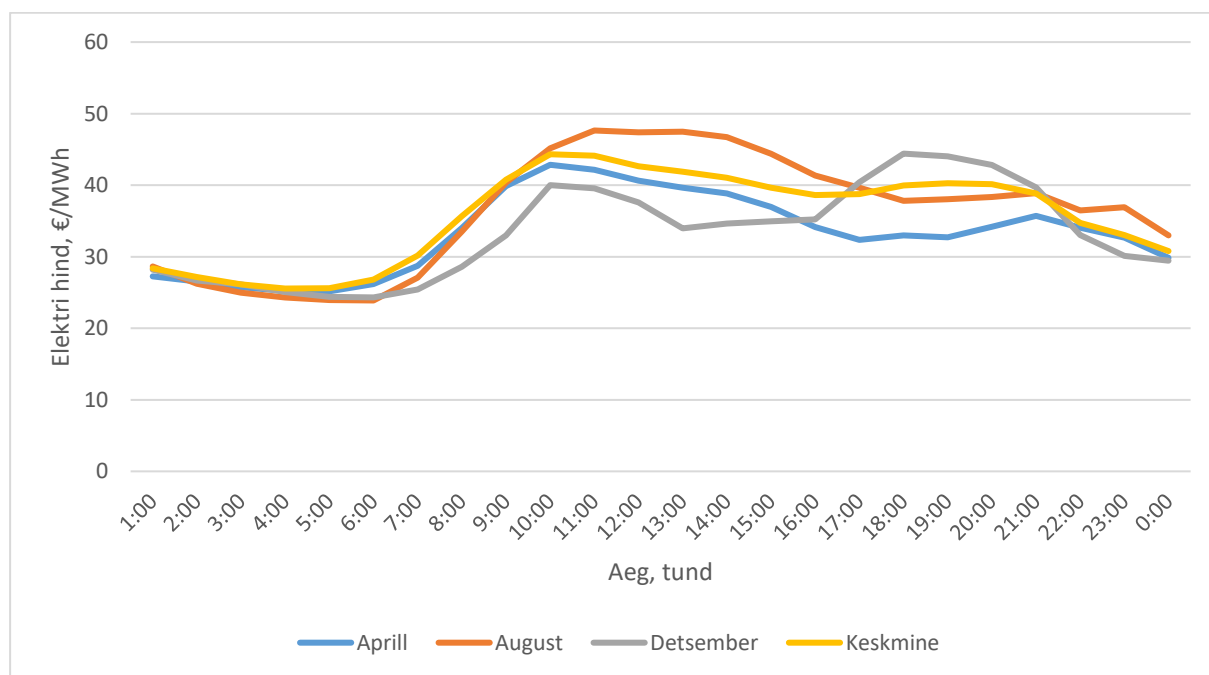
Töö käigus selgus, et 10 kW võimsusega päikeseelektrijaama toodangust tarbitakse kohapeal ca 99%. Analüüsi kõige võimsama päikeseelektrijaama toodangust tarbiti ära kõigest ca 47% aastas. Oluline on märkida seda, et kui jaama võimsus aastatega kahaneb, siis suureneb omatarbe osakaal. Järgnevalt on välja toodud erinevate jaamade tootlused ja kohapeal tarbitava energia osakaalud kõikide töös uuritud võimsustega jaamade kohta. Sarnaselt 10, 100 ja 200 kW päikeseelektrijaamadele arutati tootlused ja sobivus teraviljakeskuse tarbimisega 50 ja 150 kW võimsusega päikesejaamadele (vt Lisa 10 ja Lisa 11)

Tabel 3.14 Erinevate võimsustega päikesejaamade toodangud ja rahavood

	10 kW jaam	50 kW jaam	100 kW jaam	150 kW jaam	200 kW jaam
PV paneelide toodang, MWh	231	1166	2337	3510	4678
Kohapeal ära tarbitud PV elektrienergia, MWh	231	879	1373	1767	2079
Elektrienergia võrku müügiks, MWh	0,1	287	964	1743	2599
Investeeringu maksumus (ilma KM), €	10000	45000	89780	129325	168870
Tulu võrku müüdavalt elektrilt, €	5	12019	39649	71598	107062
Tulu taastuenergia tasu (esimesed 12 a.), €	5	8322	26864	48009	71311
Sääst elektri ostust, €	9628	36552	57660	74508	87845
Sääst võrguteenuselt, €	5516	21002	32800	42291	49696
Sääst ostumarginaalilt, €	100	378	591	760	893
Sääst elektriaktsiisilt, €	1033	3929	6134	7911	9295
Sääst taastuenergiatasust, €	2054	7821	12215	15749	18506
PROJEKTI RAHAVOOG					
Investeeringu kogumaksumus, €	-10000	-45000	-89780	-129325	-168870
Laekumine elektri müügist võrku (elekter+taastuenergiatasu), €	10	20341	66513	119607	178373
Omatarbe alternatiivne maksumus (elekter+võrgutasu+maksud), €	18331	69681	109146	141218	166236
Hooldus ja remondikulud, €	-1125	-5063	-10100	-14549	-18998
Kumulatiivne rahavoog perioodi lõpus, €	7216	39959	75779	116951	156740,6
Projekti tootlus IRR, %	5%	6%	6%	7%	7%
Diskontomäär, %	6%	6%	6%	6%	6%
Nüüdispuhasväärtus (NPV), €	-953,3	659,3	1075,7	7148,2	12824,0
Lihttasuvusaeg, aastat	13,97	11,62	11,22	10,52	10,16

Tasuvusarvutustes on lähtunud päikesejaama elueast. Jaama eluiga on leitud põhikomponentide eluea põhjal. Vikram Solar Eldora 320 PV paneelidele kehtib 27-aastane tootjapoolne garantii tootlikuse vähenemise osas mitte rohkem kui 2,5% esimene aasta ja edaspidiselt 0,67% aastas [40]. Võrguinverteri ABB Trio 50 tootjapoolne garantii on 20 aastat [41]. Lisaks on tootelehel kirjas, et seade peab vastu vähemalt 20 aastat. Sellest lähtuvalt on kogu süsteemi keskmiseks elueaks arvestatud 25 aastat. Kui tuleb vahetada inverter enne 25-ndat eluaastat siis antud kulu kaetakse hooldus- ja remondifondist. Maapealse PV-jaama puhul on oluline tagada jaama turvalisus. Selleks on kõige lihtsam ja soodsam viis ehitada elektrijaamale ümber tara. Energiateenused OÜ hinnapakumine (vt Lisa 8) sisaldab aeda ja valvesüsteemi.

Võrdluse käigus selgus, et suurema võimsusega jaam on tasuvam. Esiteks on suurema jaama hind soodsam installeeritud kilovati võimsuse kohta. Teiseks oluliseks aspektiks saab tuua viie aasta keskmise elektrihinna, mis on kõrgem päeval ajal, kui päikesejaam töötab. Tõenäoliselt väheneb antud efekt pikemas perspektiivis, sest võrku liidetakse aina rohkem päikeseelektri jaamu. Järgneval joonisel on välja toodud perioodi 2013-2017 keskmine tunnipõhine Nord Pool Spot elektrihind Eesti hinnapiirkonnale (vt Joonis 3.8). Eraldi on kujutatud aprilli, augusti ja detsembri hindasid. Augusti kõver näitab ilmekalt, et kuu keskmiselt on keskpäeval elektri hind ca 50 €/MWh, mis annab suuremale jaamale suurema eelise teraviljakeskuse hooaja tipu katmiseks kõige kallima elektrihinnaga ajale- keskpäevale.



Joonis 3.8 Nord Pool Spot keskmine tunnipõhine elektrihind perioodil 2013-2017 [42]

KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärgiks oli kaardistada ettevõtte energiatarbimise struktuur, tuua välja koormusgraafikud ja analüüsida vastavalt andmetele taastuenergia lahenduse kasutuselevõttu. Töö autorile sai kohe selgeks, et teravilja töötleva ettevõtte energiatarve on perioodiline (st suurem tarbimine teravilja koristus- ja kuivatusperioodil) ja sõltuvuses otseselt ilmastikust (teravilja koristus põllult võib viibida ja kuivatusvajadus sõltub sademete hulgast). Parima ülevaate saamiseks koguti viie aasta andmed ja hiljem tasuvusarvutusi tehes kasutati perioodi keskmist tulemust. Soojusenergia vajaduse välja selgitamiseks oli ainus võimalus leida energiatarve läbi kulunud kütte koguse. Elektrienergia tarbimise analüüs oli oluliselt mahukam, Elektrilevile esitati päring 2013- 2017. aasta tunnipõhiste aktiiv- ja reaktiivenergia andmete saamiseks. Ülejäänud ettevõtet puudutavad andmed saadi ettevõtte poolselt konsultandilt, kes töö autori poolt esitatud päringutele vastas.

Töö esimeses osas kirjeldati ettevõttes kasutusel olevaid kütteseadmeid ja toodi ülevaade soojusenergia tarbimisajaloost. Kokku on kolm katlamaja: kontori ja töökoja katel, vana kuivati katel ja uue kuivati katlamaja. Esimesed kaks on võimsuselt alla 0,5 kW, uue kuivati katlamaja on koguvõimsusega 1,8 kW. Taastuenergia lahenduse rakendamiseks ja tasuvuse leidmiseks valiti suurim, uue kuivati katlamaja. Viie aasta keskmine soojusenergiatarve aastas jääb 400-1200 MWh vahele. Lisaks soojusenergiale kirjeldati põhjalikult elektrisüsteemi ja anti ülevaade elektrienergia tarbimise ajaloost. Elektrisüsteem jaguneb ettevõttes kaheks suureks osaks: vana kuivati sisendkeskus (installeeritud nimivõimsus ca 270 kW) ja uue kuivati sisendkeskus (ca 140 kW). Mõlemale sisendile on lisatud ka reaktiivenergia kompenseerimisseadmed. Tarbimisandmeid analüüsides eristus selgelt see, et august-september suureneb tarbitav võimsus ca 8 korda, püsides stabiilselt 100-160 kW vahel kogu koristusperioodi jooksul. Aastate lõikes on elektrienergia kogused kasvanud ca 8% aastas, välja arvatud aasta 2014, kui oli ettevõtte juhi sõnul väga soodne aasta vilja kasvatamiseks. Keskmiselt on aastane elektrienergia tarve 224 MWh, rahaliselt tähendab see ettevõttele ca 20000 € kulu.

Töö teises osas keskenduti soojusenergia tootmisele. Kirjeldati Eestis võimalikke alternatiivseid biokütuseid ja analüüsiti potentsiaalseid kõrvalprodukte seoses ettevõtte igapäevase tööga. Ettevõttel tekib vilja koristusega põhku, mis sobiks soojusenergia tootmiseks. Lisaks on pidevalt söödis heinamaid, mida tuleb aastas kaks korda niita. Küll aga pole põhu ja heina transport pikkade vahemaade tõttu majanduslikult otstarbekas madala kütteväärtuse tõttu.

Samuti nõuab heina ja põhu katel oluliselt suuremat investeeringut ega pole lihtsasti ümber kohandatav teistele kütustele. Palju perspektiivikamaks osutusid hakkpuit ja teravilja sorteerimise jäägid energia tootmisel. Ettevõtte omab ka metsamaad ja suvel toestatakse kuivenduskraavide puhastusraket, mille käigus tekib pidevalt hakkeks sobivat võsa. Samuti oleks hakkpuidu tootmine heaks alternatiiviks talveperioodil, kui töölistele pole piisavalt tööd. Teravilja jääkidest energia tootmine on samuti kasulik ettevõttele, sest hetkel tegu on pigem tülrika kõrvalproduktiga mida pole kusagile panna. Põllule tagasi vedada pole mõistlik, sest jäägid sisaldavad ka umbrohu seemneid. Lähtuvalt energiavajadusest ja lihtsasti kättesaadavate kütuste tüüpidest valiti välja kolm sobilikku katelt, võeti hinnapakkumised ja võrreldi nende sobivust ettevõttele. Analüüsist selgus, et turul olevad katlad suudavad katta kuivati soojusvajaduse kuid vaid kaks osutust majanduslikult otstarbekaks.

Töö kolmandas osas analüüsiti elektrienergia tootmisvõimalusi päikeseelektrijaamaga. Põhiline analüüs ja tasuvus teostati EnergyPRO tarkvaraga. Võrdlusesse võeti 10, 50, 100, 150 ja 200 kW võimsusega päikesejaamad, sest üle 200 kW jaama liitmisel elektrivõrguga oleks tulnud rajada eraldi liitumispunkt. Kui 10 kW jaama toodangust oleks ligi 100% kohapeal tarbitud, tuleks 200 kW jaama korral võrku müüa 53%. Sellele vaatamata selgus, et suurema jaama tasuvusaeg on lühem, 10,2 aastat (10 kW jaama puhul 14 a.)

Töö tulemused näitavad, et ettevõttel on majanduslikult sobivaid lahendusi nii soojus- kui ka elektrienergia kohapealseks tootmiseks. Väga huvitav oli just see, et suurema võimsusega päikesejaam on kokkvvõttes tasuvam, kuigi võrku müüdava elektri osakaal on oluliselt suurem. Tegelikult oleks võimalik antud tööd veel edasi arendada, tellides ettevõttele juba objektipõhised hinnapakkumised ja nende sobivusel minna edasi tööprojektidega. Samuti toodi välja käesoleva töö käigus mõningad punktid, mille täitmisega oleks võimalik koheselt saavutada paremat energiatõhusust ja läbi selle suurendada energiasäästu.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. International Energy Agency, „Key world energy statistics,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf> [Kasutatud: 28.04.2018]
2. Jukka Ahokas, „Energia põllumajanduses,“ Tartu 2012.
3. Maa-ameti kaardiserver [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis>. [Kasutatud 15.05.2018]
4. K.Praakle, M. Roasto "Ohutu toit," Eesti Maaülikool, 2017.
5. AB Akron maskiner, „Svegma šahtkuivati juhend,“ [Ettevõtte erakogu, kasutatud 26.04.2018]
6. Pilsu talu ait-kuivati põhiprojekt 2010 [Ettevõtte erakogu, kasutatud 28.04.2018]
7. Riigi Teataja, „Kütuse tarbimisaine alumised kütteväärtused,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/1181/0201/2001/MKM_m63_lisa4.pdf [Kasutatud 05.05.2018]
8. Elfas OÜ, „Teraviljakuivati Elektriskeem“ [Ettevõtte erakogu, kasutatud 09.05.2018]
9. Eesti statistikaamet, „Ettevõtetes tarbitud kütuse ja energia keskmine maksumus, aasta“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.stat.ee/34172> [10.05.2018]
10. Mainor Fredi OÜ, „Võimsusteguri parandamine kondensaatoritega“ [Võrgumaterjal] Saadaval: http://www.fredi.ee/fileadmin/pdf/Kondensaatorseadmete_presentatsioon_11.pdf [Kasutatud 11.05.2018]
11. A. Paist, M. Nuutre, R. Aluvee, “Puit (põhiste) kütuste omadused ja kvaliteet,” Konv. TEUK III – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Kolmanda konverentsi kogumik. Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, lk. 110. Tartu, 2002.
12. OÜ Pilvero "Rannu valla soojusmajanduse arengukava 2017 – 2027," [Võrgumaterjal] Saadaval: http://rannu.ee/docs/SMAK_Rannu_04_09_2017.pdf [Kasutatud 15.05.2018]
13. Äripäev, „Hakkepuidul töötav katel on gaasi-ja diislikatlast 5-6 korda soodsam“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <http://www.pollumajandus.ee/sisuturundus/2017/02/10/hakkepuidul-tootav-katel-on-gaasi-ja-diislikatlast-5-6-korda-soodsam> [Kasutatud 04.05.2018]
14. Vares V., Kask Ü., Muiste P., Pihu T., Soosaar S. „Biokütuse kasutaja käsiraamat,“ TÜ kirjastus, lk 73. Tallinn, 2005.

15. ICS Energietechnik, „Bioküttekatalamajad põllumajandus- ja tööstusettevõtetele“
[Võrgumaterjal] Saadaval: https://www.ics-group.org/images/stories/01_DE/06_Downloads/Prospekte/Hei%C3%9Fluft/ICS_Folder_EE_-_Hot_air_generation_for_agriculture_and_industry.pdf [Kasutatud 10.05.2018]
16. Nordkalk, "Lupjamise teejuht" [Võrgumaterjal] Saadaval: http://www.nordkalk.ee/document/6/970/e08f974/1be2_upload_35d79e0_lupjamise_teejuht_est_23_2_2017_highreso.pdf [Kasutatud 23.05.2018]
17. Maaleht, „Tuhk sobib hästi põllu peale väetiseks,“ Avaldatud leht nr. 18, 3 mai 2012
18. OÜ Melior-M koduleht [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://www.meliorm.eu/teenused/pollumajandusteenused/> [Kasutatud 01.05.2018]
19. Elering, „Eesti elektrisüsteemide varustuskindluse aruanne 2017,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: https://elering.ee/sites/default/files/public/Elering_VKA_2017.pdf [Kasutatud 04.05.2018]
20. Taastuenergia OÜ, „COOP Logistikakeskuse 1MW päikeseelektrijaam,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <http://www.taastuenergia.ee/portfolio/coop-logistikakeskus-1mw-paikeseelektrijaam/> [Kasutatud 11.05.2018]
21. Elektrilevi, „Võrgueeskirja § 32 lg 14 alusel elektritootja liitumise kohta avaldatavad andmed alates 19.07.2010,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: https://www.elektrilevi.ee/-/doc/6305157/kliendile/el_info_liitunud_tootjad.pdf [Kasutatud 11.05.2018]
22. Eesti taastuenergia Koda, „Taastuenergia Aastaraamat 2013,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <http://www.taastuenergeetika.ee/taastuenergia-aastaraamat-2013/> [Kasutatud 16.05.2018, lk 24-25]
23. Postimees, „Kodune elektritootmine on üha enam levinud,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://majandus24.postimees.ee/4415231/kodune-elektritootmine-on-uha-enam-levinud>. [Kasutatud 02.05.2018]
24. Pildimaterjal Saadaval: https://solar4you.ee/wp-content/uploads/2017/04/IMG_20170329_151406.jpg
25. Taastuenergia OÜ, „Päikeseenergia Eestis,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <http://www.taastuenergia.ee/paikese-ja-tuuleenergia-alased-infomaterjalid/paikeseenergia-eestis/> [Kasutatud 03.05.2018]

26. Energiatalgud, „Päikeseenergia ressurs,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=P%C3%A4ikeseenergia_ressurs.
[Kasutatud 03.05.2018]
27. T. Tomson, „Hajuskiirus Eestis,“ Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine, Eesti Maaülikool, lk 86-95. Tartu, 2013.
28. Keskkonnaministerium, „Eesti taristu ja energiasektori kliimamuutustega kohanemise strateegia“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: https://www.envir.ee/sites/default/files/enfra_lopparuanne.pdf [Kasutatud 20.05.2018]
29. Ü. Treufeldt, „Hajatootmise ühendamine elektrivõrguga,“ Loengukonspekt osa 1, lk 10. Tallinn, 2017.
30. Riigi Teataja, „Võrgueeskiri,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13344551?leiaKehtiv> [Kasutatud 11.05.2018]
31. Elering, „Taastuvenergia toetus,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://elering.ee/taastuvenergia-toetus> [Kasutatud 10.05.2018]
32. Energiatalgud, „Päikesepaneel,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://energiatalgud.ee/index.php/P%C3%A4ikesepaneel?menu-135>
[Kasutatud 12.05.2018]
33. Saarte hääl, „Saiklas käivitus Eesti suurim päikesejaam,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://www.saartehaal.ee/2016/08/30/saiklas-kaivitus-estti-suurim-paikesejaam/> [Kasutatud 10.05.2018]
34. Annikoru Teraviljakeskuse pearaamat ja majandusaasta aruanne 2014 [Ettevõtte erakogu, kasutatud 12.05.2018]
35. Kulu P., Kübarsepp J., Hendre E., Metusala T., Tapupere O. „Elektrijuhtimise põhiandmed,“ Õppematerjalid, lk 85. 2001.
36. Grouz F., Sbita, L. „A safe and easy methodology for design and sizing of a stand-alone hybrid PV-wind system,“ Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM), Gabes: University of Gabes, lk 1-8. 2014.
37. Prysmian group, „Draka AXPk kaabli andmeleht,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <http://www.draka.ee/public/product/AXPK%20EST.pdf> [Kasutatud 21.05.2018]

38. FEB, kaabli hind. [Võrgumaterjal] Saadaval:
<http://feb.ee/hinnakiri/?tootegrupp=80004#product-tree> [Kasutatud 21.05.2018]
39. Elektrilevi, „Väiketootjate liitumine,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://www.elektrilevi.ee/liitumine-vaiketootjale> [Kasutatud 18.05.2018]
40. Vicram Solar, „Eldora grand seires,“ [Võrgumaterjal] Saadaval:
<http://www.vikramsolar.com/wp-content/uploads/2016/02/DS-72-G-4BB-E-R01-screen.pdf> [Kasutatud 10.05.2018]
41. ABB, @ABB backed inverter solutions for photovoltaic systems,“ [Võrgumaterjal]
Saadaval: <https://www.scribd.com/document/340015693/ABB-packaged-inverter-solutions-for-photovoltaic-systems-brochure-pdf> [Kasutatud 11.05.2018]
42. Nord Pool, „Electric energy prices,“ [Võrgumaterjal] Saadaval:
<https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/#/nordic/table> [Kasutatud 12.05.2018]

LISAD

Lisa 1. Ostetud põlevkiviõli kogused ja hinnad 2013-2017. aastal

Kuupäev	Kogus, kg	Ühiku hind €/tonn	Hind kokku	Tarnija
19.07.2013	32419	456	14783	Select Service OÜ
16.08.2013	12041	461	5551	Select Service OÜ
24.08.2013	6620	464	3072	Select Service OÜ
26.08.2013	25001	458	11450	Select Service OÜ
kokku 2013	76081	458	34856	
28.06.2014	22778	440	10022	Mark Oil
21.08.2014	18519	440	8148	Select Service OÜ
12.09.2014	11815	436	5151	Kevili
kokku 2014	53111	439	23322	
18.05.2015	24840	345	8570	Kevili
16.08.2015	24040	345	8294	Kevili
21.08.2015	14000	345	4830	Kevili
27.08.2015	11200	345	3864	Kevili
29.09.2015	10185	345	3514	Kevili
kokku 2015	84265	345	29071	
12.07.2016	26815	276	7401	Kevili
15.07.2016	14722	276	4063	Kevili
09.08.2016	7130	276	1968	Kevili
20.08.2016	14444	276	3987	Kevili
25.08.2016	14444	276	3987	Kevili
23.09.2016	24074	276	6644	Kevili
Kokku 2016	101630	276	28050	
12.07.2017	23680	319	7554	Kevili
19.08.2017	24080	319	7682	Kevili
02.09.2017	24074	319	7680	Kevili
15.09.2017	25400	319	8103	Kevili
04.10.2017	18410	329	6057	Kevili
30.10.2017	14100	329	4639	Kevili
Kokku 2017	129744	322	41713	

Lisa 2. Kulutused elektrienergiale 2013. ja 2014. aastal

2013	Jaanu	Veebru	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku
Elektrienergia, MWh	9,5	9,4	9,7	8,0	3,8	2,1	11,1	83,8	34,1	11,8	7,5	5,5	196,3
Reaktiivenergia kVarh	4066,0	4887,0	6245,0	5329,0	1077,0	702,0	12984,0	32282,0	8887,0	4183,0	2258,0	1350,0	84250,0
Elektri maksumus, €	165,5	400,7	467,6	368,7	150,8	117,9	477,0	3894,8	1711,5	585,1	340,0	217,5	8897,1
Reaktiivenergia, €	28,1	33,7	43,1	36,8	7,4	4,8	89,6	222,7	61,3	28,9	15,6	9,3	581,3
Võrguteenus, €	311,5	315,3	331,9	274,4	123,0	67,7	361,6	2513,2	1088,6	397,9	262,2	179,0	6226,3
Taastuenergia tasu, €	91,0	90,2	93,4	76,8	36,2	20,2	106,5	804,8	327,4	113,3	72,3	52,7	1884,9
Elektriaktsiis €	42,4	42,0	43,5	35,7	16,9	9,4	49,6	374,7	152,5	52,8	33,7	24,5	877,6
Kulutused elektrienergiale €	638,5	882,0	979,4	792,4	334,3	220,1	1084,2	7810,2	3341,3	1178,0	723,8	483,1	18467,2
Ühiku hind, €/MWh	67,3	93,8	100,7	99,1	88,5	104,8	97,7	93,2	98,0	99,8	96,0	88,0	94,1
2014	Jaanu	Veebru	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku
Elektrienergia, MWh	5,6	5,5	4,7	3,8	3,8	2,9	19,9	74,4	27,8	13,2	9,6	8,5	179,6
Reaktiivenergia kVarh	1184,0	1494,0	1331,0	1306,0	1319,0	1076,0	5290,0	14508,0	7338,0	4008,0	2716,0	1653,0	43223,0
Elektri maksumus, €	253,8	208,6	160,5	132,8	163,0	118,9	945,6	3067,5	1240,3	588,7	380,0	344,9	7604,5
Reaktiivenergia, €	8,2	10,3	9,2	9,0	9,1	7,4	36,5	100,1	50,6	27,7	18,7	11,4	298,2
Võrguteenus, €	183,8	179,5	151,4	120,9	124,2	93,0	631,2	2218,5	894,1	459,6	327,9	288,7	5672,8
Taastuenergia tasu, €	54,2	52,5	45,0	36,2	36,0	27,7	190,6	714,2	267,2	126,8	92,2	81,5	1724,1
Elektriaktsiis €	25,2	24,4	21,0	16,9	16,8	12,9	88,8	332,5	124,4	59,0	42,9	38,0	802,8
Kulutused elektrienergiale €	525,2	475,4	387,1	315,7	349,1	259,8	1892,7	6432,8	2576,6	1261,9	861,7	764,4	16102,4
Ühiku hind, €/MWh	93,0	86,9	82,5	83,7	93,1	90,1	95,3	86,5	92,6	95,5	89,8	90,0	89,7

Lisa 3. Kulutused elektrienergiale 2015. ja 2016. aastal

2015	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku
Elektrienergia, MWh	13,3	11,6	8,4	6,6	4,8	3,8	13,4	68,7	44,9	17,7	13,9	7,1	213,9
Reaktiivenergia kVARh	3288,0	2867,0	2336,0	1613,0	1247,0	923,0	3301,0	12409,8	9297,4	5308,2	3495,9	1377,2	47463,5
Elektri maksumus, €	536,9	447,0	289,3	239,5	180,8	127,2	429,6	2359,8	1623,5	713,5	548,7	235,2	7731,1
Reaktiivenergia €	22,7	19,8	16,1	11,1	8,6	6,4	22,8	85,6	64,2	36,6	24,1	9,5	327,5
Võrguteenus, €	465,2	402,1	283,0	221,5	157,1	122,1	423,6	2050,8	1436,7	587,3	489,6	236,5	6875,5
Taastuenergia tasu, €	127,4	111,1	80,2	63,1	46,2	36,1	128,3	659,4	430,7	169,6	133,5	67,7	2053,5
Elektriaktsiis €	59,3	51,7	37,4	29,4	21,5	16,8	59,7	307,0	200,6	79,0	62,1	31,5	956,1
Kulutused elektrienergiale €	1211,6	1031,8	706,1	564,6	414,2	308,6	1064,0	5462,7	3755,7	1586,1	1258,0	580,5	17943,7
Ühiku hind, €/MWh	91,3	89,1	84,5	85,9	86,0	82,0	79,6	79,5	83,7	89,8	90,5	82,3	83,9
2016	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku
Elektrienergia, MWh	12,8	14,7	10,3	5,4	5,1	3,2	19,9	84,0	50,7	32,9	12,0	8,5	259,6
Reaktiivenergia kVARh	3317,3	4309,9	2458,9	1247,2	1573,5	877,8	4522,0	13783,3	8941,0	6505,6	2994,7	2172,5	52703,7
Elektri maksumus, €	585,8	476,5	349,2	182,8	183,5	136,9	671,1	2765,6	1751,3	1343,1	554,2	326,6	9326,5
Reaktiivenergia €	22,9	29,7	17,0	8,6	10,9	6,1	31,2	95,1	61,7	44,9	20,7	15,0	363,7
Võrguteenus, €	431,7	509,5	352,8	180,3	174,7	105,0	618,4	2603,9	1601,4	1090,2	422,5	289,8	8380,2
Taastuenergia tasu, €	123,1	140,8	98,5	52,0	48,9	30,6	191,1	806,4	486,8	316,0	115,5	82,0	2491,8
Elektriaktsiis €	57,3	65,6	45,9	24,2	22,8	14,2	89,0	375,5	226,7	147,1	53,8	38,2	1160,3
Kulutused elektrienergiale €	1220,8	1222,1	863,5	448,0	440,7	292,8	1600,8	6646,4	4127,8	2941,3	1166,6	751,6	21722,5
Ühiku hind, €/MWh	95,2	83,3	84,1	82,7	86,4	91,9	80,4	79,1	81,4	89,4	96,9	88,0	83,7

Lisa 4. Kulutused elektrienergiale 2017. aastal ja keskmiselt perioodil 2013-2017.a.

2017	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku
Elektrienergia, MWh	14,4	6,9	6,4	4,8	4,5	3,4	4,7	60,1	80,3	50,0	25,2	11,4	272,2
Reaktiivenergia kVARh	3373,7	1542,9	1604,2	1392,2	1233,5	732,5	1241,2	11612,4	13616,5	9502,2	5908,1	2088,3	53847,7
Elektri maksumus, €	531,5	279,2	210,6	163,0	154,8	128,9	179,3	2310,0	3092,6	1869,1	935,9	439,4	10294,3
Reaktiivenergia €	22,6	10,1	10,8	9,3	8,1	4,3	6,3	63,8	74,8	52,2	31,8	11,1	305,2
Võrguteenus, €	514,5	235,5	212,2	155,1	152,4	114,2	118,9	1466,7	2352,6	1464,7	714,8	324,6	7826,3
Taastuenergia tasu, €	150,1	72,3	67,0	49,7	47,0	35,2	49,0	625,2	835,1	519,9	261,8	118,9	2831,0
Elektriaktsiis €	64,5	31,1	28,8	21,4	20,2	15,1	21,1	268,7	358,9	223,5	112,5	51,1	1216,8
Kulutused elektrienergiale €	1283,2	628,0	529,5	398,5	382,5	297,8	374,6	4734,3	6714,0	4129,2	2056,7	945,1	22473,5
Ühiku hind, €/MWh	88,9	90,4	82,2	83,4	84,7	87,9	79,5	78,8	83,6	82,6	81,7	82,7	82,6
Keskmine perioodil 2013-2017	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku
Elektrienergia, MWh	11,1	9,6	7,9	5,7	4,4	3,1	13,8	74,2	47,6	25,1	13,6	8,2	224,3
Reaktiivenergia kVARh	3045,8	3020,2	2795,0	2177,5	1290,0	862,3	5467,6	16919,1	9616,0	5901,4	3474,5	1728,2	56297,6
Elektri maksumus, €	414,7	362,4	295,5	217,4	166,6	126,0	540,5	2879,5	1883,8	1019,9	551,7	312,7	8770,7
Reaktiivenergia €	20,9	20,7	19,2	15,0	8,8	5,8	37,3	113,5	62,5	38,0	22,2	11,3	375,2
Võrguteenus, €	381,3	328,4	266,3	190,4	146,2	100,4	430,8	2170,6	1474,7	800,0	443,4	263,7	6996,2
Taastuenergia tasu, €	109,2	93,4	76,8	55,6	42,9	30,0	133,1	722,0	469,4	249,1	135,0	80,6	2197,1
Elektriaktsiis €	49,8	43,0	35,3	25,5	19,6	13,7	61,6	331,7	212,6	112,3	61,0	36,7	1002,7
Kulutused elektrienergiale €	975,9	847,8	693,1	503,8	384,1	275,8	1203,3	6217,3	4103,1	2219,3	1213,4	705,0	19341,9
Ühiku hind, €/MWh	87,7	88,2	87,8	88,3	87,5	90,0	87,3	83,8	86,3	88,4	88,9	85,9	86,2

Lisa 5.1. Hakkekatla NTS-A2500 hinnapakumine

PALU TOOTMINE OÜ

Hinnapakumine NTS-00222

24.04. 2018.a.

Palu Tootmine OÜ teeb hinnapakumise BIO ENERGIA tootmiseks ettenähtud kuumaõhukatla võimsusega 1500kw-2500 kw ja etteandesüsteemidele.



Õhukatel NTS-A2500 võimsusega max 2500 kW Hind: 78 000.00 eurot

Katla komplekt sisaldab roostevabaterasest kollet ja soojusvahetit, malmklotsidega liikuvat põletipead, mis on õhkJahutusega, sundõhuventilaatoreid 3 tk, automaatset tuhaemaldussüsteemi koos tuhakastiga ning vajalikke reductor-mootoreid.

Komplekti kuulub vahepunker, koos etteandekruviga katlasse ja reductor-mootor.

Küttaaine – kvaliteetne hakkepuut 30-50mm niiskusega kuni 35 %

Küttaainepunker ca 30 m3

Hind 22 000.00 eurot

Sisaldab põhjas hüdrauliliselt liikuvaid kaabitsaid, hüdrojaama, voolikuid ja vajalike lahendusi. Punkri kaan avaneb hüdraulika abil.



Suitsuimur ja korsten

Hind: 7 600.00 eurot

Suitsuimur on võimsusega 7,5-15 kW (sõltub korstna asukoha kaugusest ja kõrgusest)

Korsten on roostevabaterasest d-400 mm. ja kõrgus ca 14 meetrit maapinnast (kinnitus sõltub asukohast).

Küttaaine etteande kruvi punkrist vahepunkrisse

Hind: 3 800.00 eurot

Sisaldab tigukruvi ja välimist toru kogupikkusega 6000-8000 mm.

Komplekti kuulub reductor-mootor.

Tuha eemaldus katlast

Hind: 7 700.00 eurot

Sompa 40a, Jõhvi
41533 Jõhvi vald
Ida-Virumaa

Reg.nr 11481056
KMKR: EE101230821
Tel: 512 6351

A/a EE151700017003284612
Nordea Bank
info@palu.ee

Lisa 5.2

PALU TOOTMINE OÜ



Sisaldab kahte kruvi koos reduktormootoritega ja tuhakasti ca 2-3 m³.

Automaatika komponendid
Hind : 14 500.00 eurot

- Tarkvara
 - Juhtimiskilp – 1 tk
 - Kontroller **Unitronics** V-570 puuetundlik - 1 tk
 - 3G ruuter (vajab staatilist IP) – 1 tk
 - Toiteplokk - 1 tk
 - Suitsutemperatuuri andur PT-100 - 1 tk.
 - Kuumaõhutemperatuuri andur PT-100- 1 tk.
 - Sagedusmuundur suitsuimurile 7,5kW - 1 tk.
 - Sagedusmuundur primaarõhule 1,1 kW – 1 tk ja sekundaarõhule 0,75 kW – 2 tk.
 - Alarõhuandur - 1 tk.
 - Mootorite sagedusmuundur – 5 tk
 - **Lambda** andur – 1 tk
 - Koolitus
- Automaatika on **kaugjuhitav**.



Kohapealne montaaž ja käivitus

Hind 4 000.00 eurot

Sisaldab seadmete **koostamist, elektrijuhtmistiku** paigaldamist, kütteainepunkri ühendamist katlasüsteemidega, katla ühendamist kuivatiga, automaatika kilbi ühendustööd katla komponentidega, katla käivitus ja koolitus.

Vajalik tellijapoolne elektri ühendus meie automaatikakilpi 380V, 32A.

Katla komplekti ei kuulu õhuventilaator kuivatisse, transport objektile ning ehitus- ja töstetööd.

Komplekti maksumus: 137 600.00 eurot

km 20%: 27 520.00 eurot

Kokku: 165 120.00 eurot

Seadmed on uued ja varem kasutamata. Garantii katlale ja etteandesüsteemidele 4 kuud alates üleandmis-vastuvõtmisakti allkirjastamisest.

Garantii elektriseadmetele, mootoritele ja reduktoritele 12 kuud

Hinnapakkumine kehtib kuni 31.05.2018.a.]



Sompa 40a, Jõhvi
41533 Jõhvi vald
Ida-Virumaa

Reg.nr 11481056
KMKR: EE101230821
Tel: 512 6351

A/a EE151700017003284612
Nordea Bank
info@palu.ee

Lisa 6. Hakkekatla Bio 1600 hinnapakumine



Hr. Märt Mötus

Tel.5296253
Reg.kood

17.05.2018 a.

HINNAPAKKUMINE

1. Bioahi ANTTI VACBOOST BIO 1600 RADIAL

- Max võimsus 1600 kW
- Kütusena saab kasutada hakkepuitu, graanuleid, sorteerimisjääke, teravilja
- Kütuse mahuti 13 m³, kaane avamine hüdrauliline
- Ventilaatorid 3 x 15 kW
- Ventilaatorite tootlikus kokku 3x28000 m³/h
- Automaatne tulekustutussüsteem
- Liikuva koldepõhjaga põleti ALA-TALKKARI
- Juhtimiskeskus
- Automaatne tuhaeraldus
- GSM rikketeavitus
- Ventilaatorite tootlikuse muutmine sagedusmuunduriga
- peale

Hind kokku : 187 200.00 EUR

Käibemaks 20 % : 37 440.00 EUR

Hind koos käibemaksuga : 224 640.00 EUR

Pakutud kaup on uus, millele kehtib garantii 12 kuud (ei kata seadmete mehaanilist kulumist). Kauba päritolumaad on EL. Kauba üleandmisel ja vastuvõtmisel koostatakse vastav kauba üleandmist ja vastuvõtmist kinnitav akt, milles kinnitatakse kauba vastavust tehnilistele tingimustele ja töökorras olekut. Seadmega antakse kaasa eestikeelsed juhendmaterjalid ja viiakse läbi õpetus kliendile seadme kasutamiseks. Müüdud kaubale garanteerime tehnilise hoolduse, remondi ja varuosadega varustamise.

Pakkumine kehtib kuni 30.09.2018 a.

Lugupidamisega
Jaak Triisa
Tel. 5156528

Baltic Agro Machinery OÜ
Registrikood: 10346159
Tehnika 9, Türi 72213

KMKR nr. EE 100381771
E-post: info@balticagromachinery.com
<http://www.balticagromachinery.com>

SEB pank
a/a 10702007084003

Lisa 7.1. Elektrilevi tehnilised tingimused 200 kW jaamale

TEHNILISED TINGIMUSED 308566



TAOTLUSE ESITAJA

Nimi / ärinimi PILSU TALU		Isiku- või registrikood 10012814	
Kontaktaadress	Tänav / maja / korter Kulli, Pilsu	Sihtnumber 61107	Maakond Tartu maakond
	Telefon 505 3400	e-post tonis.ajaots@rannuseeme.ee	
Kontaktisik	Nimi Madis Ajaots		
	Telefon 505 3400	e-post tonis.ajaots@rannuseeme.ee	

VÕRGUÜHENDUSE ASUKOHT

Võrguühenduse kasutamise asukoht / aadress Hoidla Annikoru küla Elva vald Tartu maakond			
Tarbimiskoht Annikoru teraviljakeskus		Katastriüksuse number 33101:001:0196	
Minimaalne 1-faasiline lühisvool 9122		Maksimaalne 3-faasiline lühisvool 9599	
Piirkonna alajaam PUHJA 110/15/6	Toitefider ELVA:PUH	Jaotusalajaam Juuli:(Puhja)	Jaotusfider

TOOTEVALIK

Elektritootja tingimuste muutmise (16 kuni 199 kW)
--

OLEMASOLEVA VÕRGUÜHENDUSE JA MÕÖTESÜSTEEMI ANDMED

Faaside arv 3	Amprite arv 500 A
------------------	----------------------

Lisa 7.2

TEHNILISED TINGIMUSED 308566



ELEKTRILEVI TEGEVUSED

200 kW nimivõimsusega päikeseelektrijaama (4 inverterit ABB TRIO 50.0-TL-OUTD, nimiaktiivvõimsusega 50 kW) ühendamiseks teostatakse jaotusvõrguettevõtjale Elektrilevi OÜ kuuluvas jaotusvõrgus järgnevad tööd:

- Elektritootja liitumispunkt tähistatakse kahepoolse toite ohule viitava hoiatusmärgisega.

Tehnilised lähteandmed elektrijaama liitumispunkti kohta:

Liitumispunkti nimipinge 0,4 kV,

elektrisüsteemi summaarne takistus liitumispunktis pärast liitumispunkti valmimist 0,010 + j 0,023 oomi, kolmefaasiline maksimaalne lühisvool liitumispunktis enne elektrijaama ühendamist ca 10,0 kA
perspektiivne kolmefaasiline maksimaalne lühisvool liitumispunktis kliendi seadmete lühisvoolutaluvuse valikuks on ca 25 kA.

Võrguettevõtjal on õigus nõuete rikkumisel ja liitumisvõimsuse ületamisel eraldada elektrijaam süsteemist, katkestades elektripaigaldise ja jaotusvõrgu vahelise ühenduse liitumispunktis.

Võrguettevõtja poolt väljastatavad tehnilised tingimused ja eeldatav liitumistasu on mittesiduvad ning koostatud, võttes arvesse nende väljastamise hetkel kehtivaid liitumislepingute pakkumisi, liitumislepinguid ja elektrivõrgu olukorda. Tehniliste tingimuste koostamise aluseks võetud asjaolude muutumisel on võrguettevõtjal õigus liitumislepingu pakkumise ja/või tehniliste tingimuste koostamisel vastavalt muuta ka tehnilisi tingimusi ja eeldatavat liitumistasu.

KLIENDI TEGEVUSED

Elektrijaama projekteerimisel, ehitamisel ning kasutusele võtmisel tuleb lähtuda kuni 200 kW elektritootja tüüpsetest tehnilistest tingimustest (kättesaadav võrguettevõtja veebilehel aadressil https://www.elektrilevi.ee/-/doc/6305157/kliendile/tehnilised_tingimused_elektrienergia_vaiketootjale.pdf), seadme ohutuse seaduses, ehitusseadustikus ja võrgueeskirjas toodud nõuetest.

Ühenduste teostamine alajaama 0,4kV jaotusseadmetes peab olema tellitud Elektrilevi OÜ poolt aktsepteeritud partnerilt.

TEHNILISE TINGIMUSTE KOOSTAJA

Nimi	Kuupäev
Lembit Joonas	06.03.2018

Lisa 8. AU Energiateenus OÜ eelkalkulatsioon päikeseelektrijaamale

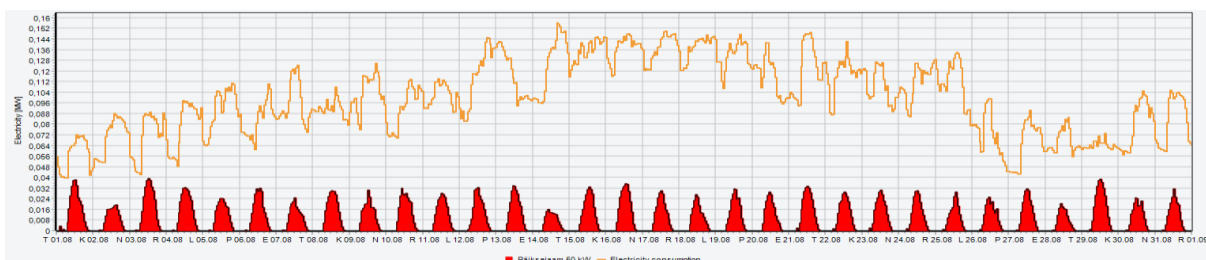
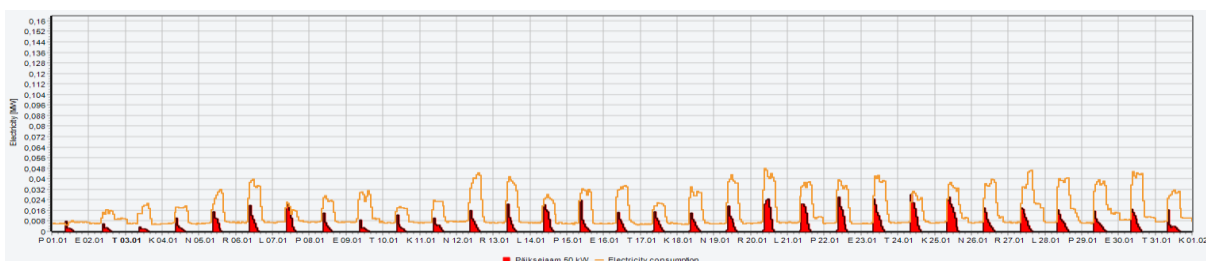
Pilsu päikeseelektrijaam - 217,75kW	Hind, eurot	Arv, tk	Hind kokku, eurot
PV-paneelid: Vikram Solar 325W, poly , 5BB-ga IP67	€ 138,58	670	92 849 €
Inverter: ABB TRIO 50kW 3MPPT-ga	€ 4 300	4	13 020 €
Maapinna kinnitused Treesystem	€ 21 700	1	21 700 €
Monitooringu süsteem: ABB logger + nõrkvoolu kaabeldus	€ 1 200	1	1 200 €
Elektritarvikud (alalisvoolukaablid, kaablirennid, kaitsmed, vahelduvvoolukaablid, päikesepaneeli otsikud jms)	€ 7 800	1	7 800 €
Teostusdokumentatsioon	€ 300	1	300 €
Transport jm kulud	€ 2 300	1	2 300 €
Paigaldus, elektritööd ja töösse seadmine (sh monitooringu süsteemi seadistamine)	€ 14 700	1	14 700 €
Aed	€ 7 200	1	7 200 €
Valvesüsteem	€ 4 300	1	4 300 €
PV jaama käiduhoidlus, seire, monitooring 24 kuud			
Hind kokku		€	165 369
Käibemaks		€	33 074
Maksumus kokku		€	198 442
Hind kW kohta		€	759

Lisa 9. 10, 50, 100 ja 150 kW päikesejaamade hindade tuletamine

Näidiskalkulatsioonid Energogen kodulehelt									
http://energogen.ee/paikeseenergia/naidislahendused/		Vaadatud 21.05.2018							
Päikesepaneelide hinnad									
Päikesepaneelid	Võimsus	Viikatause pindala	Tootikkus aastas	Hind KM-ta	Hind KM-ga				
12 tk	3 kW	20m ²	2 900 kWh	4 500€	5 400€				
20 tk	5 kW	32m ²	4 830 kWh	6 100€	7 320€				
28 tk	7 kW	45m ²	6 770 kWh	7 600€	9 120€				
36 tk	9 kW	58m ²	8 700 kWh	9 300€	11 160€				
44 tk	11 kW	71m ²	10 600 kWh	10 700€	12 840€				
52 tk	13 kW	86m ²	12 600 kWh	12 000€	14 400€				
60 tk	15 kW	99m ²	14 500 kWh	13 500€	16 200€				
Paneelide arv, tk	Võimsus, kW	Süsteemi hind, €							
40	10	10000							
200	50	45000							
Hinnapakumine 200 kW jaamale ja sellest tuletatud hinnad väiksematele jaamadele									
Pakkumise koostas: Kalev Koppel, Tavako Elekter OÜ, Mobiil: 53 49 8051, E-mail: koppel.kalev@gmail.com									
Päikesejaam 210, kW									
			Kogus	Hind	Summa				
1	Päikesepaneelid 270W JAP6(K)-60-270		780	108	84240				
2	Võrguinverter ABB TRIO-50.0/60.0-TL		4	4770	19080				
3	Maaraam rammitav		1	22000	22000				
4	Elektriseadmed, kilbid, kaablid		2	8885	17770				
	Päikesejaama seadmed				143090				
5	Maaraami ja paneelide paigaldus		1	15090	15090				
6	Elektritööd, transport, nõuetekohasus		1	9490	9490				
7	Projekteerimine		1	1200	1200				
	Kokku				168870				
	Kokku käibemaksuga				202644				
Paneelide arv, tk	Paneeli hind	Võrguinverter	Maaraam	El. seadmed	Maaraami	Elektritöö	Projekteerimine	Hind kokku, €	
100 kW jaam	370 tk	2tk 50 kW	2 kompl.	2 kompl.	2 kompl.	1	1		
	42120	9540	11000	8885	7545	9490	1200	89780	
150 kW jaam	585tk	3tk 50 kW	3 kompl.	3 kompl.	3 kompl.	1	1		
	63180	14310	16500	13327,5	11317,5	9490	1200	129325	

Lisa 10. 50 kW kohapeal tarbitud energia, võrku müük, võrgust ost

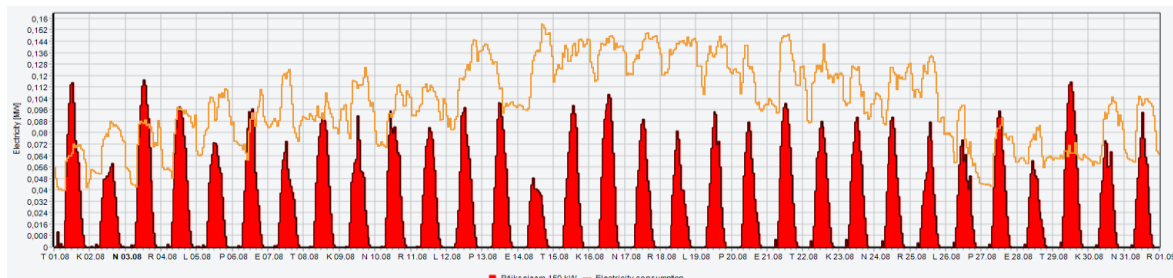
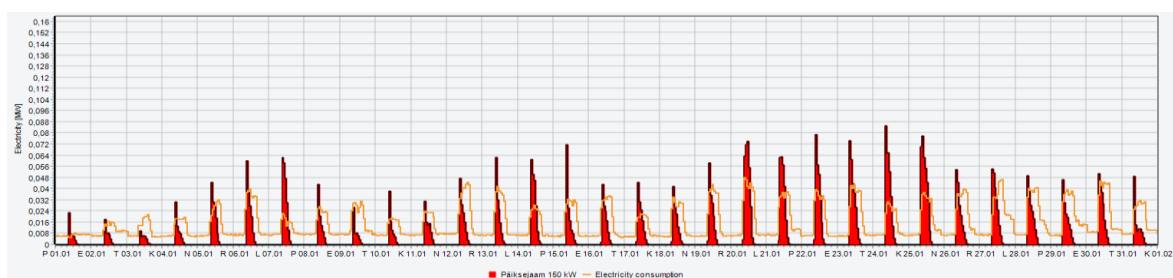
Kuu	Ettevõtte energiatarve MWh	Jaama toodang MWh	Müük võrku MWh	Ost võrgust MWh	Kohapeal tarbitu osakaal %
Jaanuvar	11,1	1,6	0	9,5	100%
Veebruar	9,5	1,6	0,1	8	94%
Märts	8	4,7	1,1	4,4	77%
Aprill	5,7	5,5	1,9	2,1	65%
Mai	4,4	7,7	4,5	1,2	42%
Juuni	3,1	7	4,8	0,9	31%
Juuli	13,8	7,1	1,7	8,4	76%
August	74,2	6,9	0	67,3	100%
September	47,6	4,4	0	43,2	100%
Oktoober	25,1	2,5	0	22,6	100%
November	13,7	0,9	0	12,8	100%
Detsember	8,2	0,6	0,1	7,7	83%
kokku	224,4	50,5	14,2	188,1	72%



	Jaanuvar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Kokku
Elektri müük, €	0	4	40	72	174	224	75	0	0	1	1	3	594
Taastuenergia toetus, €	0	5	59	102	242	258	91	0	0	0	0	5	763
Sääst elektri ostust, €	71	57	134	140	123	100	223	300	200	109	35	18	1510
Sääst võrguteenuse ostust, €	38	36	86	86	76	53	129	165	105	60	22	12	868
Sääst ostumarginaliit, €	1	1	2	2	1	1	2	3	2	1	0	0	16
Sääst elektriaktsiisilt, €	7	7	16	16	14	10	24	31	20	11	4	2	162
Sääst taastuenergia tasust, €	14	13	32	32	28	20	48	61	39	22	8	4	323
Kokku, €	131	123	369	450	659	665	593	560	366	204	70	45	4235

Lisa 11. 150 kW kohapeal tarbitud energia, võrku müük, võrgust ost

Kuu	Ettevõtte energiatarve MWh	Jaama toodang MWh	Müük võrku MWh	Ost võrgust MWh	Kohapeal tarbitu osakaal %
Jaanuar	11,1	4,9	1,3	7,5	73%
Veebruar	9,5	4,9	1,4	6	71%
Märts	8	14,1	9,1	3	35%
Aprill	5,7	16,6	12,4	1,5	25%
Mai	4,4	23,2	19,9	1,1	14%
Juuni	3,1	21,2	18,8	0,7	11%
Juuli	13,8	21,2	13,2	5,8	38%
August	74,2	20,7	0,6	54,1	97%
September	47,6	13,1	0,1	34,6	99%
Oktoober	25,1	7,6	1	18,5	87%
November	13,7	2,8	0,6	11,5	79%
Detsember	8,2	1,7	0,6	7,1	65%
kokku	224,4	152	79	151,4	48%



	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Kokku
Elektri müük	60	52	338	477	765	871	569	24	8	39	22	21	3246
Taastuenergia toetus	70	75	489	666	1069	1010	709	32	5	48	32	32	4237
Sääst elektri ostust	153	131	185	159	127	103	327	878	592	291	88	44	3078
Sääst võrguteenuse ostust	86	84	120	100	79	57	191	480	311	160	53	26	1747
Sääst ostumarginalilt	2	2	2	2	1	1	3	9	6	3	1	0	31
Sääst elektriaktsiisilt	16	16	22	19	15	11	36	90	58	30	10	5	327
Sääst taastuenergia tasust	32	31	45	37	29	21	71	179	116	60	20	10	651
Kokku	419	390	1200	1460	2085	2074	1906	1692	1095	631	225	139	13317