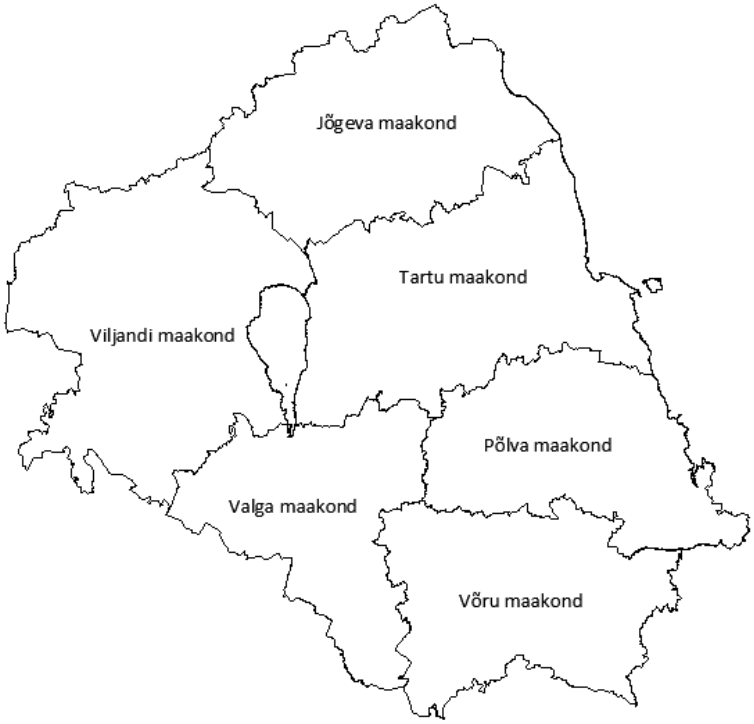
bioenarea
Improve regional policies for bio-energy and territorial development

Tartu Regiooni Energiaagentuur
Tartu Regional Energy Agency

BIOMASSI KASUTAMINE ENERGEETIKAS LÕUNA-EESTI REGIOONIS



INTERREG IVC
INNOVATION & ENVIRONMENT
REGIONS OF EUROPE SHARING SOLUTIONS

Tartu 2013

SISUKORD

SISSEJUHATUS ... 3
KASULIKKE MÕISTEID ... 4
1. KOKKUVÕTE ... 7
1.1. Tarbitud kütused ... 7
1.2. Biomassi ja biokütuste ressurss ... 8
1.3. Biokütuste tootmine ... 10
1.4. Biomassi energiatehnoloogiad ... 11
1.5. Kasulikku lugemist ... 12
2. LÕUNA-EESTI REGIOON JA BIOENERGIA ... 13
2.1. Lõuna-Eesti regioon ... 13
2.2. Ülevaade biomassi ja biokütuste energeetikas kasutamise alastest regulatsioonidest ja suundumustest ... 16
2.3. Bioenergia ahel ... 18
3. LÕUNA-EESTI REGIOONI POTENTSIAALSED BIOMASSI RESSURSID ... 22
3.1. Biomassi potentsiaalsete ressursside klassifikatsioon ... 22
3.2. Biomassi ressursid metsast ... 22
3.2.1. Potentsiaalne biomassi kogus ... 22
3.2.2. Metsade pikaajaline toodang ... 24
3.2.3. Metsi läbivate elektriliinide alla jääv biomass ... 25
3.2.4. Potentsiaalne energia metsast saadavast biomassist ... 26
3.3. Biomassi ressurss põllumajanduslikelt maadelt ... 28
3.3.1. Biomass kasutamata põllumaa-aladelt ... 28
3.3.2. Energiakultuurid ... 30
3.3.3. Pilliroog ja põhk ... 31
3.3.4. Põllumaa-aladelt saadav energiaressurss ... 33
3.4. Biolagunevad jäätmed ... 35
3.4.1. Puidujäätmed ... 35
3.4.2. Biogaasi tootmiseks sobilikud olmejäätmed ... 36
3.4.3. Sõnnik ... 37
3.4.4. Reoveesete ... 38
3.4.5. Lõuna-Eesti regioonis tekkivate biolagunevate jäätmete primaarenergia ... 39
3.5. Biomassi tarbimise struktuur ... 42
LISAD ... 46
Lisa A. Töös teostatud arvutuste algeeldused ... 47

SISSEJUHATUS

Puidu roll energiatootmises on Lõuna-Eesti regioonis traditsiooniliselt olnud kõrge: põllumajandusühiskond tundis puitu peamise konverteeritava energiaressursina. Tööstusliku energiatootmise tulemusena puidu kasutus küll vähenes, eriti elektritootmises, kuid täielikult ei suudetud puitu kui energiaressurssi siiski välja tõrjuda. Kaasaegne keskkonnaseisundi jätkusuutlikust taotlev energia- ja kliimapoliitika on taas väärtustama hakanud puitu kui suhteliselt kiiresti taastuvat energiaressurssi. Seetõttu on puidu kui kütuse positsioon energiatootmises uuesti muutumas.

Nõudlus väärindatud puitkütuste järele on järjest kasvav, kuid tarbimise kasv toimub kogu puiduenergia sektoris. Puidu ja biomassi kasutamise struktuuri keerulisemaks muutumine toob endaga kaasa vajaduse valdkonna paremaks koordineerimiseks ning planeerimiseks.

Valdkonna tegevuse koordineerimiseks ning planeerimiseks algatas Tartu Regiooni Energiaagentuur (TREA) biomassil põhinevate kütuste kasutamise arengukava koostamise Lõuna-Eesti regioonis.

Arengukava esimene eesmärk on hinnata Lõuna-Eesti biokütuste teoreetilist ning kasutatavat ressurssi; regiooni kütuste tarbimise struktuuri ning efektiivsust.

Arengukava dokumendis antakse ülevaade ressursiuuringu tulemustest ning biokütuste kasutamise struktuurist Lõuna-Eesti regioonis. Nende tulemuste põhjal tuvastati tegevused, mille abil planeeritakse biomassi ning sellest saadava energia kasutamisefektiivsuse suurendamist lõppkasutaja tasemel.

Ressursiuuringu koostamisel lähtuti eelnevalt teostatud uuringute metoodikast ning tulemustest. Tooraine primaarenergia ressursi hindamisel kasutati tarbimisaine alumisi küttevääртusi.

KASULIKKE MÕISTEID

Anaeroobne lagunemine	orgaanilise aine lagunemine bakterite toimel hapnikuta keskkonnas
Bioelekter	biomassist ja/või biogaasist toodetud elektrienergia.
Bioenergia	Bioenergia on biomassist toodetud soojus- ja elektrienergia ning biokütused (Vabariigi Valitsuse 25.01.2007. aasta korraldus nr 34 „Biomassi ja –energia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007…2013“ ja selle rakendusplaani heakskiitmine“).
Bioenergia lõpptarbimine	biomassi, biogaasi tarbimine energiatoodeteks (arvestamata kasutatavate küttekehade keskmisi aastaseid kasutegureid).
Biogaas	tekib orgaanilise aine käärimisel, koosneb peamiselt metaanist (45−70%) ja süsinikdioksiidist (30−55%) ning vähesel hulgal lämmastikust, vesiniksulfiidist ning teistest gaasijääkidest. Biogaasi saamiseks kääritatakse kinnises anumas kindlal temperatuuril rohkesti orgaanilist ainet sisaldavat substraati (reoveepuhastussetet, läga vms).
Biogaasijaam	hoonete kompleks orgaanilisest ainest biogaasi tootmiseks, säilitamiseks ning kasutamiseks.
Biokütus	bioloogilist (biogeenset) päritolu ja organismide elutegevuse tagajärjel tekkinud ning taastuvuse piires otseselt kütusena kasutatav või kütuseks töödeldud (vääristatud) tahke, vedel ja gaasiline aine.
Biolagunevad jäätmed	anaeroobselt või aeroobselt lagunevad jäätmed, nagu toidujäätmed, paber ja papp. Biolagunevate jäätmetehulka kuuluvad aia- ja pargijäätmed, puit, reoveesete ning loomaväljaheited.
Biolagunevad olmejäätmed (BLO)	elanikkonnalt regulaarselt kogutava segaolmeprügi biolagunev fraktsioon, lisaks sellele liigiti kogutavad biolagunevad jäätmed, samuti olmes tekkivate suurjäätmete (nt mööbel) biolagunev osa. Olmejäätmed sisaldavad 60–70% biolagunevaid jäätmeid (massi %).
Bioloogiline ringlussevõtt	jäätmete biolagunevate osade lagundamine kontrollitavates tingimustes ning mikroorganismide abil, mille tulemusena saadakse stabiliseeritud orgaanilised jääkmaterjalid või metaan. Prügilasse ladestamist ei loeta bioloogilise ringlussevõtu vormiks.
Biomass	põllumajanduslikust tootmisest (kaasa arvatud taimsed ja loomsed ained), metsatööstusest ja sellega seotud tootmisest pärit toodete, jäätmete ja jääkide bioloogiliselt lagunev fraktsioon ning tööstus- ja olmejäätmete bioloogiliselt lagunev fraktsioon.

Biomassi jääkmaterjal	orgaanilise aine rikas jääkmaterjal põllumajandusest, metsandusest ja tööstusoperatsioonidest.
Biosoojus	biomassist ja/või biogaasist toodetud soojusenergia.
Hakkpuit	raidmete või võsa purustamise käigus saadud toode.
Jäätmete energiakasutus	jäätmete taaskasutamine, kus põletuskõlblikke jäätmeid kasutatakse energia tootmiseks nende põletamisel eraldi või koos muude jäätmete või kütusega, kasutades ära tekkinud soojuse.
Jäätmete taaskasutamine	toiming, millega jäätmed või neis sisalduv aine võetakse kasutusele toodete valmistamiseks või energia saamiseks.
Kaugküte	soojuse tootmine ja võrgu kaudu jaotamine tarbijate varustamiseks soojusega kaugküttesüsteemi kaudu.
Kaugküttepiirkond	üldplaneeringu alusel kindlaksmääratud maa-ala, millel asuvate tarbijapaigaldiste varustamiseks soojusega kasutatakse kaugkütet, et tagada kindel, usaldusväärne, efektiivne, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadustele vastav soojusvarustus.
Koostootmine	soojus- ja elektrienergia koostootmine
Koostootmisseade	seade soojuse ja elektri koostootmiseks (SEK)
Kuivaine sisaldus (KA)	aine mass pärast 24-tunnist kuivatamist 105 °C juures (kaalukao lakkamiseni).
Kütus	kütteaine, mille põlemisel eraldub palju soojust ja mida seetõttu kasutatakse energiaallikana.
Läga	vedelsõnnik
Olmejäätmed	kodumajapidamisjäätmed ning kaubanduses, teeninduses ja mujal tekkinud oma koostise ja omaduste poolest samalaadsed jäätmed.
Orgaanilised jäätmed	puu-ja köögivilja koored ja söögiks kõlbmatud osad , muud köögi-jäätmed, aiajäätmed (ka puulehed ja niidetud rohi, mida ei tarvitata loomasöödaks), tselluloosi baasil toodetud niiskete toodetejäätmed (pabertaskurätikud, laste mähkmed, paberköögirätid), siia hulka on arvatud ka org. jäätmeid ümbritsev paber või papp. Siin hulgas on ka teisi bio-loogiliselt aeroobses keskkonnas lagunevaid jäätmeid
Paber ja kartong	kuivad paberitooted, ajalehed, ajakirjad, valged pabertooted, paberist, kartongist ja lainepapist pakendid ja tarbeesemed.
Primaarenergia	naturaalsest allikast saadud energia, mida tarbitakse teisteks energialiikideks muundamata.
Puidujäätmed	saepuru, höövlilaastud ja puukoor. Jäätmearuandluses: mööblijäätmed, raamid, pakendid, pakendiosad, korgistjäätmed, puude oksad,v.a. oht-like ainetega immutatud

	puidujäätmed.
Põhk	teraviljavarte (kõrte) sasi, millest terad on viljapeksul eraldatud
Raidmed	oksad, ladvad ning langile jäänud tüvepuit, raietöödega rikutud järelkasv ja alusmets
Reoveesete	reovee puhastusseadmete sete.
Taastuvad energiaallikad	vesi, tuul, päike, laine, tõus-mõõn, maasoojus, prügilagaas, heitvee puhastamisel eralduv gaas, biomass
Taastuvenergia	energia mittefossiilsetest allikatest s.o tuule-, päikese-, laine-, hüdro- ja hoovuste energia, maasoojus, bioenergia, prügila- ja reoveepuhastigaasid

1. KOKKUVÕTE

1.1. Tarbitud kütused

Olukorras, kus fossiilsete kütuste ning seeläbi ka nendest toodetava energia hind iga aastal suureneb, on lisaks keskkonnamõjude vähendamisele võimalik biomassi ning biokütuste kui taastuvenergiaallikate kasutamisel saavutada ka märkimisväärne kokkuhoid energiakuludelt.

Kuivõrd biokütuste ja biomassi kasutusele võetav ressurss on kohalik, siis on võimalik lisaks energiakulude vähendamisele suurendada ka regiooni tööhõivet ning seeläbi stimuleerida regiooni arengut.

Ressursi paremaks ära kasutamiseks on mõistlik valdkonda koordineerida ning seeläbi planeerida tegevusi ja eesmärke vastavalt olemasolevale olukorrale ning toorainele.

Alljärgnevalt (tabel 1.1) on antud ülevaade Lõuna-Eesti regioonis 2011. aastal kasutatud kütustest. Andmete algallikatena on kasutatud Keskkonnaametile esitatud aruandlusi >300 kW-se võimsusega katelseadmete poolt tarbitud kütuste kohta ning Statistikaameti hinnanguid regioonis tarbitud kütuste kohta. Taastuvkütustena võeti arvesse küttepuud ning puiduhaket ja –jäätmed. Turvast kui väga aeglaselt taastuvat biomassi, käesolevas töös taastuvkütusena käsitletud pole.

Tabel 1.1. Lõuna-Eesti regioonis tarbitud kütuste primaarenergia sisaldus 2011. aastal[1,2]

Andmete allikmaterjal	Taastuv-kütused, TJ	Fossiilsed kütused, TJ	sh fossiilsed transpordi-kütused, TJ	Kokku, TJ	Taastuvkütuste osakaal, %
Statistika-ameti andmed	7411	12450	8122	19861	**37,3**
Välisõhu saastelubade aruandlus	4858	3007	-	7865	**61,8**

Statistikaameti andmetel moodustavad taastuvkütused Lõuna-Eesti regioonis tarbitud kütuste primaarenergiast 37,3%. Jättes arvestamata transpordikütused (autobensiin, diisel), siis saame taastuvkütuste primaarenergia osakaaluks 63%, mis sarnaneb välisõhu saastelubade aruandluses esitatuga.

Biogaasi Lõuna-Eesti regioonis käesoleva töö valmimise ajal ei toodetud, kuid planeerimis- või ehitusjärgus on 10 biogaasijaama[3]. Ülevaate biogaasi tootmisest saab seetõttu anda vaid Eesti kui terviku kohta (tabel 1.2).

[1] Statistika andmebaas. 2012. www.stat.ee

[2] Keskkonnateabe Keskus. 2012. http://www.keskkonnainfo.ee

[3] OÜ Mõnus Minek. Regionaalne biogaasistrateegia ja selle rakenduskava väljatöötamine. Tartu: 2012, 41 lk

Tabel 1.2. Biogaasi tootmine Eestis 2008…2010[4]

Tootmisviis	2008		2009		2010	
	mln m^3	TJ	mln m^3	TJ	mln m^3	TJ
Reovee settest	2,84	56,2	2,69	53,3	2,96	58,6
Sealägast	0,39	7,7	0,59	11,7	0,85	16,8
Prügilagaas	8,62	170,7	10,32	204,3	9,32	184,5
Kokku	**11,85**	**234,6**	**13,6**	**269,3**	**13,13**	**260,0**

Eestis toodeti 2010. aastal 13,13 mln m^3 biogaasi, mille primaarenergia sisaldus on 260 TJ. Valdav osa toodangust saadi prügilatest, kuid gaasi tootmine sealägast ning reoveesettest on 2010. aastal näidanud väikest kasvu. Tuleb arvestada, et kütuse primaarenergia sisaldus ei väljenda kasutatavat energiakogust. Näiteks 2010. aastal toodeti biogaasist (arvutuslikult) soojust ja elektrienergiat 113,1 TJ[4].

Olukord, kus 10 17st lähiajal Eestisse planeeritavatest biogaasijaamadest on planeeritud Lõuna-Eesti regiooni, annab tunnistust asjaolust, et biogaasi tootmise majanduslikust kasulikkusest.

1.2. Biomassi ja biokütuste ressurss

Kuivõrd arengukava eesmärk on välja pakkuda olemasolevatel ning majanduslikult kasutatavatel tehnoloogiatel põhinevaid lahendusi, siis käesolevas arengukavas on käsitletud kaht põhilist biomassi kütuseks väärindamise tehnoloogiat:

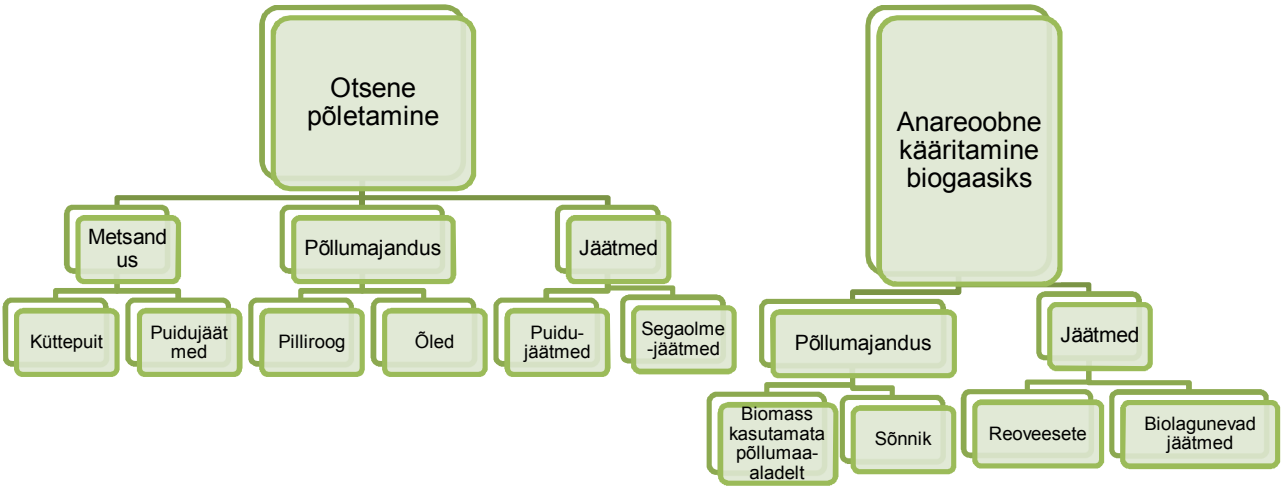
a) tooraine otsene põletamine;
b) tooraine anaeroobne lagundamine (kääritamine) biogaasiks.

Arengukava koostamisel on hinnatud biomassi potentsiaalset ressurssi järgmistele taastuvatele energiaallikatele:

a) metsatööstus ning selle jäätmed;
b) puidu- ja olmejäätmed tööstustest ning kodumajapidamistest;
c) rohtne biomass põllumajandusest;

Biomassi kütuseks väärindamise tehnoloogiate ning regioonis leiduvate ressursside omavahelisi seoseid kirjeldab joonis 4.

[4] Eesti Konjuktuuriinstituut. Ülevaade Eesti bioenergia turust 2010. aastal. Tallinn: 2011, 92 lk.



Joonis 4. Lõuna-Eesti regiooni potentsiaalsed biomassi ressursid

Põletamiseks sobivad lisaks puitsele biomassile (küttepuud, raiejäätmed ja lageraiete kännud) ka teraviljakasvatusest saadav põhk, pilliroog ja jäätmed. Põhu koguste hindamisel kasutati teravilja kasvupindu ning keskmisi toodanguid. Jäätmete hulka arvestati lisaks puukoore- ja puidujäätmetele ka paber- ja kartongpakendid, mis klassifitseeriti kui põletatavad segaolmejäätmed.

Anaeroobseks kääritamiseks on sobiv pikaajalistelt ning kasutusest väljas olevatelt rohumaadelt saadav rohtne biomass, üle sajapealiste karjadega veise- ja seapidajate juures tekkiv sõnnik ja reoveepuhastites tekkivad setted. Kasutatavate jäätmete all arvestati loomsete ja taimsete kudede jäätmeid ja muid biolagunevaid jääkprodukte tööstusest, kaubandusest ning kodumajapidamistest, mida ei kajastatud põletatavate jäätmete all. Ressursiuuringu ülevaade on esitatud alljärgnevalt (tabel 1.3, joonis 1.1).

Tabel 1.3. Lõuna-Eesti aastane biomassi primaarenergia ressurss

Muundamise liik	Energiaallikas	Primaarenergia, TJ	Tehniliselt kasutatav ressurss, TJ
Põletamine	Metsast saadav biomass	12357,8 [a, b]	10721,9
	Puidujäätmed	2222,8 [c]	2000,5
	Pilliroog	441,7 [d]	222,2
	Põletatavad segaolmejäätmed	182,3 [c]	54,7
	Põhk	3184,2 [e, f]	318,4
Anaeroobne kääritamine	Rohumaadelt saadav biomass	4627,5 [e]	925,3
	Sõnnik	957,2 [e]	957,2
	Reoveesetted	14,3 [g]	14,3
	Biolagunevad olmejäätmed	121,3 [c]	68,8
	Biolagunevad segaolmejäätmed	30,9 [c]	9,3
-	**Kokku**	**24315,2**	**15328,1**

[a] Keskkonnateabe Keskus. Aastaraamat Mets 2010. 2012. Tartu, 241 lk

[b] Muiste, P., Padari A., Roostalu, H., Kriipsau, M., Astover A., Mitt, R., Pärn, L., Melts, I. MES uuringu Eestis olemasoleva, praeguse või juba kavandatud tootmise-tarbimise juures tekkiva biomassi ressursi hindamine lõpparuanne. 2007. Tartu, 88 lk

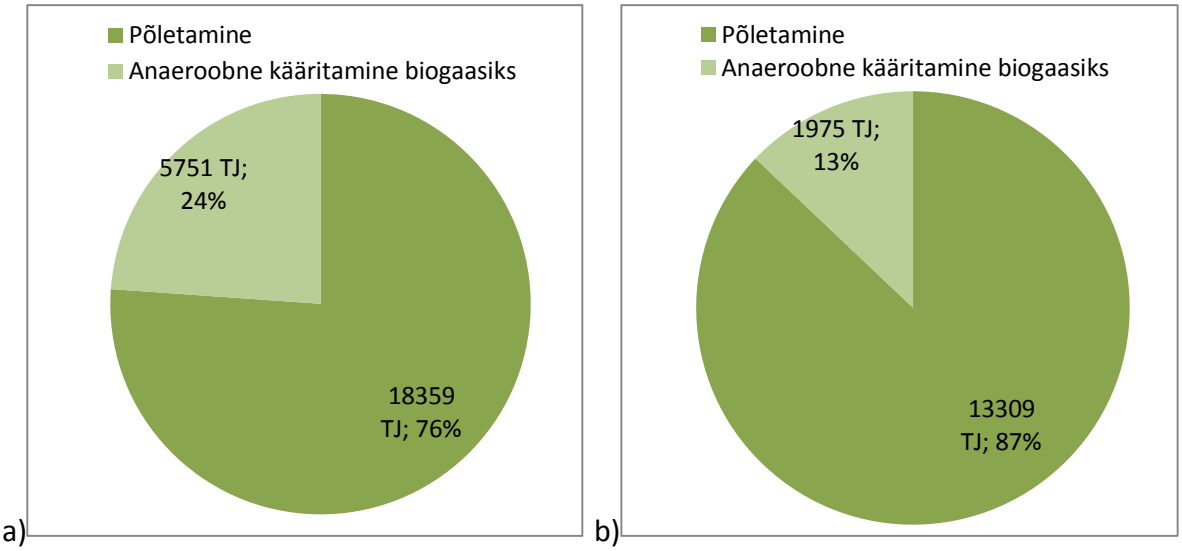
[c] Keskkonnateabe Keskus. Jäätmearuandluse infosüsteem. 2012. https://jats.keskkonnainfo.ee/

[d] Kask, Ü., Kask, L., Paist, A. 2007. Reed as energy resource in Estonia. – Ikonen, I., Hagelberg, E (eds). Read Up on Reed. Turku, Southwest Finland Regional Environment Centre, lk 102–114

[e] Põllumajanduse Registrite ja Infosüsteemide Amet. 2012. http://pria.ee/

[f] Statistika andmebaas. 2012. www.stat.ee

[g] Kõrgmaa, V (koostaja). Reoveesette töötlemise strateegia väljatöötamine, sh ohutu taaskasutamise tagamine järelevalve tõhustamise, keemiliste- ja bioloogiliste indikaatornäitajate rakendamise ning kvaliteedi süsteemide juurutamise abil. II etapp. 2010. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus, Tallinn, 208 lk.



Joonis 1.1. Lõuna-Eesti biomassi potentsiaalne (a) ning kasutatav ressurss

Joonistelt on selgesti näha traditsiooniliselt kasutatava biomassi energiaks muundamise liigi – põletamise – suurt osakaalu võimalikul energia tootmisel. Lõuna-Eesti aastasest kasutatavast biomassi primaarenergiast moodustavad kõige suurema osa puit ning puidujäätmed eelkõige seepärast, et nende kasutamine saab toimuda vahetult e. ilma mahukate muundamisprotsessideta. Kui puidu põletamine on energia saamiseks kasutusel olnud juba aastatuhandeid, siis anaeroobne kääritamine laiemale avalikkusele nii hästi teada pole. Samuti tekitab biogaasi tootmisel probleeme tooraine kogumisega seotud transpordi- ja tööjõukulutused.

1.3. Biokütuste tootmine

Energeetikas tarbitava tahkete biokütuste tootmismahte Lõuna-Eesti regioonis kirjeldab keskmine raiemaht ning sortiment (tabel 1.4). Raiemahu hindamiseks kasutati Statistikaameti andmebaasis kajastatud raiemahtude hinnangut raiedokumentatsiooni järgi,

millest lahutati maha 35% erametsas planeeritud raiemahust[5]. Realiseeritavateks raidmeteks loeti RMK hinnangu järgi 12% lageraie mahust[6].

Tabel 1.4. Keskmine arvestuslik raiemaht Lõuna-Eesti regioonis aastatel 2008…2010 [5, 6, 7]

Haldusüksus	Raiemaht kokku, m^3	sh küttepuu, m^3	sh. kogutavad jäätmed, m^3	Energeetikas kasutatav ressurss, TJ
Jõgeva maakond	435779	92968	52293	965
Põlva maakond	465769	83510	55892	920
Tartu maakond	387221	76991	46467	818
Valga maakond	386951	76239	46434	812
Viljandi maakond	623625	141551	74835	1440
Võru maakond	463151	87202	55578	944
Kokku	**2762496**	**558459**	**331500**	**5898**

Ülaltoodud tabelist nähtub, et praeguste raiemahtude juures metsast saadavast biomassist võimalik toota 5898 TJ primaarenergiat. Regiooni aastane küttepuidu, puiduhakke ja –jäätmete tarve oli 2011. aastal 7411 TJ, mis sisaldab ka puidutööstuse jäätmeid ning tarbimus erasektoris. Arvestades, et >300 kW katelseadmete poolt tarbiti puidujäätmeid 1337 TJ ning, et oma tarbeks teostatud raiemahud aruandluses ei kajastu, saame eeldada, et Lõuna-Eesti regioonist toimub pigem puitse biomassi eksportimine. Praegu eksporditavat küttepuitu saab tulevikus rakendada regioonis tarbitavate fossiilsete kütuste asendamiseks. Kuivõrd tehniliselt kasutatavaks metsade pikaajaliseks toodanguks on 10722 TJ, on Lõuna-Eesti regioonis võimalik raiemahte suurendada ning seeläbi suurendada ka tahke biomassi energeetikas kasutamist

Biogaasi arengukava ressursiuuringu koostamise ajal Lõuna-Eesti regioonis ei toodetud.

1.4. Biomassi energiatehnoloogiad

Nagu eelnevalt mainitud, keskendutakse Lõuna-Eesti biomassi energiaks väärindamise edendamise arengukavas biomassi kasutamisefektiivsuse ning koguste suurendamisele soojus- ja elektrienergia tootmisel ning anaeroobsel kääritamisel biogaasiks.

Energia tootmiseks biomassist võib kasutada järgmisi süsteeme:

A. Kaugküttesüsteem, kus restkoldega või keevkihtkateldega katlamajades põletatakse hakkpuitu, puidujäätmeid, saepuru, turvast, põhku, biogaasi jne. Saadud soojusenergia jaotatakse läbi torustike tarbijateni. Tsentraliseeritud tootmise

[5] Keskkonnateabe Keskus. Erametsaomanike poolt kavandatud lageraiete teostamise analüüs 2009. ja 2010. aasta ortofotode põhjal. 2011. Tartu, 13 lk. http://www.keskkonnainfo.ee/failid/Uuring%202011_kavandatud_lageraiete_teostamise_osakaal1.pdf

[6] Riigimetsa Majandamise Keskus. Raidmete müük. http://rmk.ee/puidumuuk-1/puidumuuk/raidmed

[7] Statistika andmebaas. 2012. www.stat.ee

eesmärk on soojusenergia ühikmaksumuse (€/MWh) madalal hoidmine. Kaugküttekatelseadmete minimaalne kasutegur on piiratud Konkurentsiameti poolt 80%-ga vanadel katelseadmetel, 85%-ga uutel katelseadmetel. Soojuskaod jaotusvõrgust (soojatrassist) on 2013. aastal piiratud 19%-ni ning alates 2017. aastast 15%-ni[8].

B. Lokaalküttesüsteem – kus toimub soojusenergia suhteliselt vahetu üle kandmine tarbijani. Toorainena saab väiksemates katelseadmetes kasutada halupuid, pelleteid (puidugraanuleid) ja biogaasi. Suuremate tööstusettevõtete jaoks vajalike soojusgeneraatorite jaoks kasutatakse samu tooraineid, mis kaugküttesüsteemideski. Lokaalküttesüsteemide kasutegurid jäävad väiketarbijate puhul 40…85%, suurte katelseadmete korral 80…90% vahele.

C. Soojuse ja elektri koostootmine – protsess, kus ühe seadmete süsteemi poolt väljastatakse nii soojus- kui ka elektrienergiat. Koostootmist võib kasutada nii kaug- kui ka lokaalküttesüsteemis eeldusel, et soojusenergiatarve on piisavalt kõrge (näiteks tööstusettevõtetel). Toorainena saab kasutada nii puitset biomassi kui ka biogaasi. Koostootmisjaamadel eristatakse nii üldist, soojuslikku kui ka elektrilist kasutegurit. Üldine kasutegur (e. kütuse kasutamise kogukasutegur) jääb enamasti vahemikku 85…92%)

D. Anaeroobne lagundamine biogaasiks – protsess, kus hapnikuta keskkonnas saadakse toorainest biogaas, mille metaanisisaldus jääb enamasti vahemikku 50…60%. Eestis praegu levinud tehnoloogiliste lahenduste kasutamisel põletatakse biogaas tootmisüksuse ligidal ning sellest toodetakse nii soojus- kui ka elektrienergiat.

1.5. Kasulikku lugemist

Biomassi kasutamisest ning selle planeerimisest võib lugeda lisaks järgmistest projekti Bio-En-Area miniprojektide poolt loodud väljaannetest:

Linnaeus University et. al. Bioenergia süsteemi planeerija käsiraamat (The Bioenergy System Planners Handbook). 2012. Kättesaadav: http://bisyplan.bioenarea.eu

Biomassi väärindamine: ärivõimalus tööstusele ja maapiirkondadele. 2012. Kättesaadav: http://tek.emu.ee/userfiles/taastuvenergia_keskus/BIOREF/Brochure_Biomass_activity5_estonian.pdf

Regionaalne biogaasistrateegia ja selle rakenduskava väljatöötamine. 2012. Kättesaadav: https://www.tartu.ee/data/Biogaasi_strateegia_Final.pdf

Biomassi kohaliku kasutamise tegevuskava – miks ja kuidas? 2012. Kättesaadav: http://www.bioenarea.eu/index.php?q=node/220

[8] Konkurentsiamet. Soojuse hinna kooskõlastamise põhimõtted. 2012, 25 lk. http://www.konkurentsiamet.ee/

2. LÕUNA-EESTI REGIOON JA BIOENERGIA

2.1. Lõuna-Eesti regioon

Lõuna-Eesti regioonina on Lõuna-Eesti biomassi kasutamise arengukavas käsitletud kuut maakonda:

a) Jõgeva maakond;
b) Põlva maakond;
c) Tartu maakond;
d) Valga maakond;
e) Viljandi maakond;
f) Võru maakond.

Maakondade põhiliste näitajate võrdlustabel on antud alljärgnevalt (tabel 2.1)

Tabel 2.1. Lõuna-Eesti regiooni üldandmed[9]

Haldusüksus	Pindala		Rahvastik	
	Pindala, tuhat ha	Osakaal, %	Rahvaarv, tuhat inimest	Osakaal, %
Kogu Eesti	4343	100.0	1318	100.0
Jõgeva maakond	260	6.0	33	2.5
Põlva maakond	216	5.0	29	2.2
Tartu maakond	299	6.9	145	11.0
Valga maakond	204	4.7	31	2.4
Viljandi maakond	342	7.9	49	3.7
Võru maakond	231	5.3	35	2.6
Piirkondades kokku	**1553**	**35.8**	**322**	**24.4**

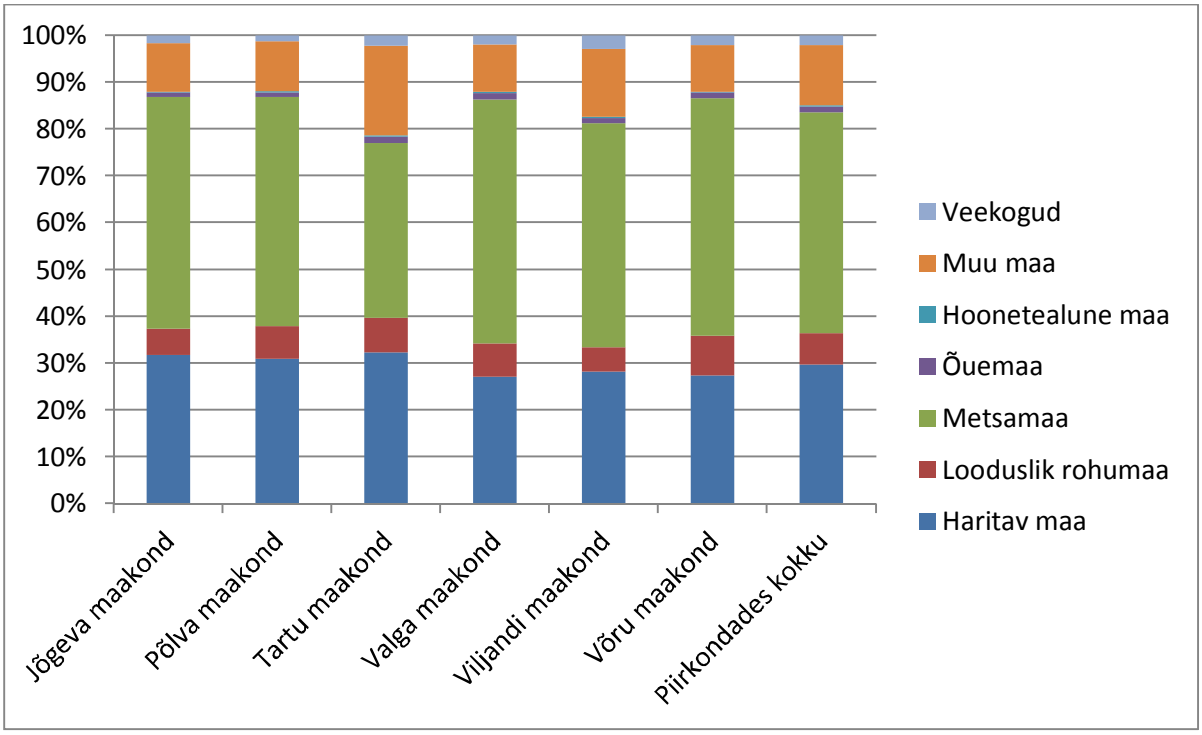
Eestis tervikuna on 15 maakondlikku üksust, mille kogupindalast moodustavad Lõuna-Eesti regioonina käsitletavad 6 maakonda 35,8 %, kusjuures elanikkond (seisuga 01.01.2012) moodustab vaid 24,4 % Eesti kogurahvaarvust. Täpsema ülevaate maakondade maakasutusest annab kokkuvõte Maa-ameti Maakatastri[10] poolt väljastatud teabenõudest (tabel 2.2).

[9] Statistikaamet. Piirkondlik portree Eestist. http://www.stat.ee/ppe-45400
[10] Maa-amet. Maakataster. http://www.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&page_id=2

Tabel 2.2. Maakatastris registreeritud katastriüksuste koosseis Lõuna-Eesti regioonis

Haldusüksus	Katastriüksuste arv, tk	Katastriüksuste pindala, tuhat ha	Haritav maa, tuhat ha	Looduslik rohumaa, tuhat ha	Metsamaa, tuhat ha	Muu otstarbega maa[11], tuhat ha	Veekogud, tuhat ha
Jõgevamaa	27825	245	79	14	124	29	4
Põlvamaa	26629	203	64	14	101	24	3
Tartumaa	55255	268	89	20	102	57	6
Valgamaa	20860	194	53	14	102	23	4
Viljandimaa	32748	324	94	17	160	53	10
Võrumaa	27123	213	60	18	110	25	5
Lõuna-Eesti	**190440**	**1447**	**438**	**98**	**698**	**211**	**31**

Ülaltoodud tabelist on näha, et Maaregistri katastriüksuste registreeritud pindala on väiksem kui Statistikaameti poolt esitatav maakonna üldpindala. Selline olukord on tekkinud erinevates andmebaasides ja registris leiduvate andmete kogumise eripärast. Samas ei ole põhjust kahelda andmete põhjal teostatavate võrdluste hinnangulises õigsuses. Lõuna-Eesti maaüksuste suhteline jagunemine on toodud järgmisel graafikul (joonis 2.1).



Joonis 2.1. Lõuna-Eesti regiooni maakasutuse suhteline jagunemine

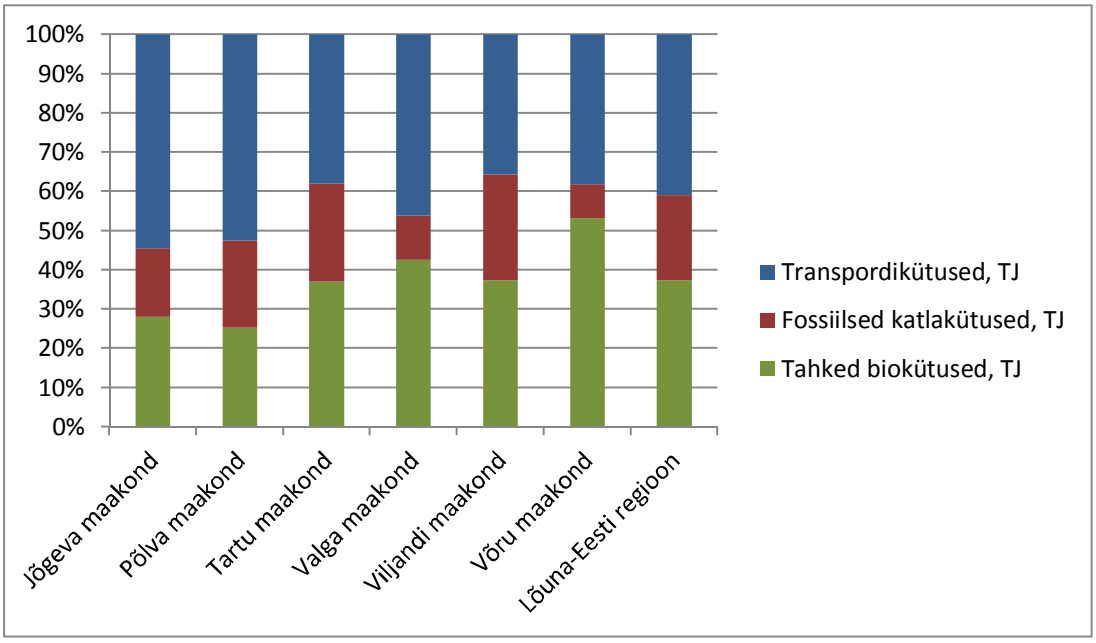
Lõuna-Eesti regiooni haldusüksuste pindala on suhteliselt suures osas koondunud metsamaa (regiooni keskmine 48 %) ning haritava maa (regiooni keskmine 30 %) alla, kusjuures biomassi tootmiseks potentsiaalselt rakendatav maa (haritav maa, looduslik rohumaa ja metsamaa) moodustab 85 % regiooni kogupindalast.

[11] Õuemaa, hoonetealuse maa ja muu maa pindalade summaarne väärtus.

Otsest energiabilanssi maakondade lõikes Eesti Statistikaamet ei avalda, kuid energiatarvet maakondade lõikes on võimalik hinnata, kasutades tarbitud kütuste statistilisi andmeid[12] ning kütuste alumisi kütteväärtusi (Lisa A). Maakondades tarbitavate kütuste hinnangulised kogused on toodud lisades. Kütuste tarbimise struktuuri Lõuna-Eestis väljendavad alljärgnev tabel (tabel 2.3) ning joonis (joonis 2.2), kus taastuvkütuste alla kuuluvaks loeti küttepuud ning puiduhake ja –jäätmed. Turvas kui väga aeglaselt taastuv biomass on käesolevas töös klassifitseeritud fossiilsete kütuste alla.

Tabel 2.3. Lõuna-Eesti regioonis tarbitud kütuste primaarenergia 2011. aastal

Haldusüksus	Taastuv-kütused, TJ	Fossiilsed kütused, TJ	sh fossiilsed transpordi-kütused, TJ	Kokku, TJ	Taastuv-kütuste osakaal, %
Eesti	25996	215251	35247	241247	10,8%
Jõgeva maakond	522	1342	1015	1864	28,0%
Põlva maakond	387	1140	803	1527	25,3%
Tartu maakond	3544	6012	3638	9556	37,1%
Valga maakond	625	841	677	1466	42,6%
Viljandi maakond	1329	2234	1270	3563	37,3%
Võru maakond	1004	881	719	1885	53,3%
Lõuna-Eesti regioon	**7411**	**12450**	**8122**	**19861**	**37,3%**



Joonis 2.2. Lõuna-Eesti regiooni primaarenergia tarbimine aastal 2011

Statistikaameti poolt väljastatavad andmed sisaldavad informatsiooni antud haldusüksusesse juriidiliselt registreeritud ettevõtetes tarbitud kütuste ning kodutarbijate

[12] Statistikaamet. KE07: Kütuse tarbimine kütuse liigi ja maakonna järgi. http://pub.stat.ee/

hinnangulise tarbimise kohta. Seega võivad vastavas maakonnas energiat tarbivad, kuid teise haldusüksusesse registreeritud ettevõtete andmed üldisest tarbimisbilansist puududa. Kuivõrd välisõhu saastelubade aruandluse järgi leitud kütuste tarbimise struktuur (ptk 3.5) oli sarnane, eeldatakse, et Statistikaameti poolt kogutavad ja edastatavad andmed kirjeldavad regioonide energiatarvet piisavalt suure täpsusega.

Eeltoodud tabelist on näha, et Lõuna-Eesti regioonis kui tervikus moodustab taastuva biomassi primaarenergia 37 % kõigi regioonis tarbitud kütuste primaarenergiast. Arvestades vastavast bilansist välja transpordisektoris valdavalt kasutatavad kütused (diislikütus ning autobensiin), on taastuvate biokütuste osakaal 63%.

63% Lõuna-Eesti regioonis tarbitavatest katlakütuste primaarenergiast on toodetud taastuvkütustest

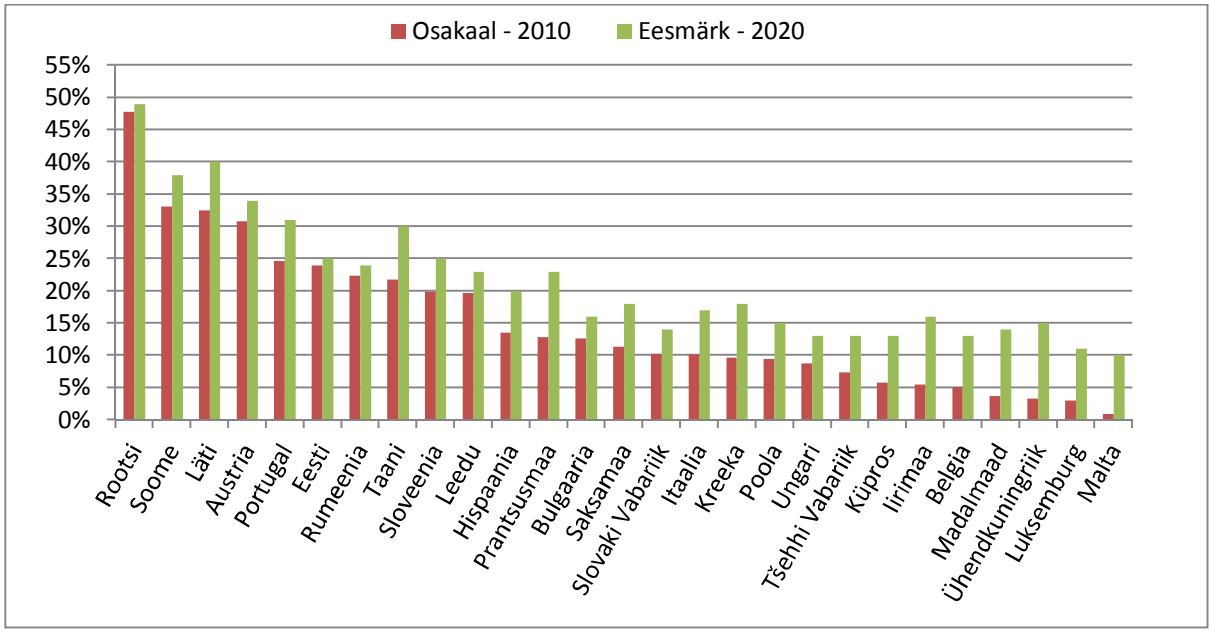
2.2. Ülevaade biomassi ja biokütuste energeetikas kasutamise alastest regulatsioonidest ja suundumustest

Biomassi ja biokütuste kasutamist reguleeritakse ning suunatakse nii Eesti seadusandluse ja määrustega kui ka Euroopa Liidu direktiividest ning kliima- ja energiapoliitikast tulenevate toetusmeetmete ning regulatsioonidega.

Euroopa Liit

Euroopa Liidu praegune energiapoliitika kinnitati Euroopa Ülemkogu poolt 2007 aastal, mille raames pandi paika Euroopa **20-20-20 eesmärgid** aastaks 2020:
a) taastuvenergia osakaalu tõstmine 20 %-ni;
b) 20 % suuruse energiasäästu saavutamine;
c) kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine vähemalt 20 %;
d) biokütuste osakaalu tõstmine transpordis 10 %-ni.

Kindlustamaks, et liikmesriigid eelmainitud üldeesmärke täidaksid, võeti 23. aprillil 2009 vastu Euroopa Parlamendi ja Nõukogu **direktiiv 2009/28/EÜ** eesmärgiga edendada taastuvenergiaallikatest toodetud energia kasutamist. Antud direktiiviga kehtestas Euroopa Liit õiguslikult siduvad eesmärgid taastuvenergia osakaalu suurendamiseks liikmesriikide õpptarbimises, võttes aluseks 2005. aasta osakaalud. Ülevaade 2010. aastal esitatud aruannetest eesmärkide täitmisel annab alljärgnev joonis (joonis 2.1).



Joonis 2.3. Riiklikud üldeesmärgid seoses taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaaluga lõpptarbimisest aastal 2020 ning nende täitmine aastal 2010

Et taastuvenergiaallikate laialdasem kasutamine on üks EL-i põhisuundumusi ka pärast aastat 2020 näitab Euroopa Komisjoni teatis „**Energia tegevuskava aastani 2050**“. Kava kohaselt peaks Euroopa Liit tervikuna vähendama CO_2 heidet energiatootmisest 80…95% aastaks 2050, kusjuures taastuvenergia osakaal lõplikust energiatarbimisest peaks ulatuma vähemalt 55%-ni. Järelikult on taastuvenergiaallikatel ning efektiivsete tehnoloogiate kasutamisel selle eesmärgi täitmisel võtmeroll.

Eesti

Energiasektorit reguleeritakse Eestis läbi järgmiste seaduste ning nendest tulenevate määruste:

a) Säästva arengu seadus;
b) Elektrituruseadus;
c) Maagaasiseadus;
d) Kaugkütteseadus;
e) Vedelkütuseseadus;
f) Vedelkütusevaru seadus;
g) Seadmete energiatõhususe seadus;
h) Jäätmeseadus;
i) Ehitusseadus.

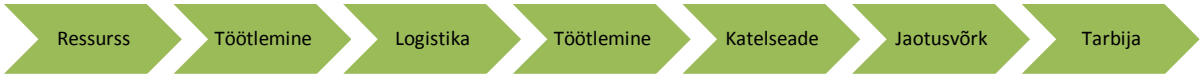
Euroopa Liidu energiapoliitika otsene mõju avaldub läbi asjaolu, et Eesti on võtnud eesmärgiks tõsta taastuvenergia osakaalu lõpptarbimises 18%-lt **25%**-ni. 2011. aastal valminud aruandest Euroopa Komisjonile, selgus, et Eesti on selle eesmärgi peaaegu täitnud (2010 oli taastuvenergiaallikate osakaal summaarsest lõpptarbimisest 24%), kusjuures 97%

tarbitud energiast oli toodetud just biomassist. See asjaolu on ka põhjuseks, miks biomassi kasutamist tuleb paremini koordineerida: vastasel korral võib traditsioonilise küttepuidu ebapiisavus tingida biomassist toodetava energia koguse vähenemise.

2003. aastal vastu võetud „Biokütuste direktiivis“ (2003/30/EÜ), millega edendatakse biokütuste ja muude taastuvkütuste kasutamist transpordisektoris, seati liikmesriikidele soovituslikud eesmärgid taastuvate transpordikütuste kasutamises. Transpordi tarbeks kasutatavatest diisli- ja bensiinikütustest oleks 2010. aastaks pidanud biokütused moodustama 5,75%. Aruande kohaselt saavutas Eesti 2010. aastaks 0,2% suuruse osakaalu.

2.3. Bioenergia ahel

Biomassi energiaks väärindamise ahelat võib kirjeldada järgmise joonise abil (joonis 2.4)



Joonis 2.4. Biomassi energiaks väärindamise ahel

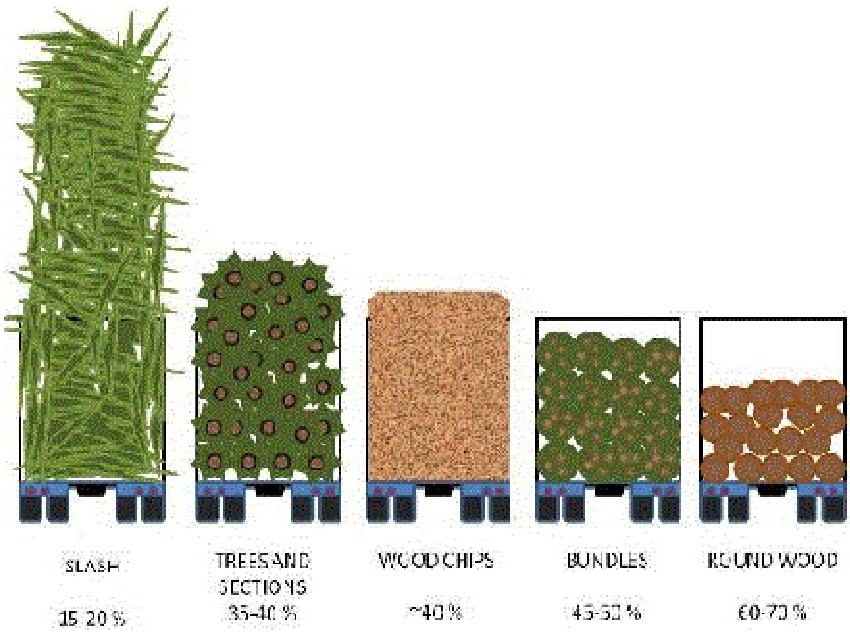
Nagu näha, on biomassist energiaks saamisel keskne roll ressursi töötlemisel, transportimisel ning saadud energia jaotamisel tarbijateni. Ressursi majanduslikult otstarbeka kasutamise eelduseks on kõigi etappide maksumuse võimalikult madal hoidmine. Kui energia tootmisel ning jaotamisel tarbijateni on efektiivsust võimalik mõjutada läbi kasutatavate seadmete, siis logistikaküsimustes tuleb arvestada puidu energiatihedusest tulenevate tarnekaugustega (joonis 2.5).

Transportimise etapil on kütuse energiatihedusega (mahuühikus sisalduva energiaga) arvestamine esmatähtis. Näiteks rohtse biomassi puhul on energiatihedus üldiselt väike: suurte ümmarguste pallide puhul (mis on pressitud materjali kõige enam levinud vorm) on see ligikaudu 2 GJ/m^3. Puisteaine energiatihedusega võrreldes on see väga väike: pelletitel on see umbes 10 GJ/m^3 või kivisöel 20 GJ/m^3. Seetõttu on rohtse biomassi transpordikulud tonni transporditud materjali kohta suhteliselt suured ja kipuvad tarneahelaid piirama kaugusega kuni 100 km, tavaliselt kuni 50 km[13].

Veoki kandevõime suurendamiseks on kaks võimalust[13]:

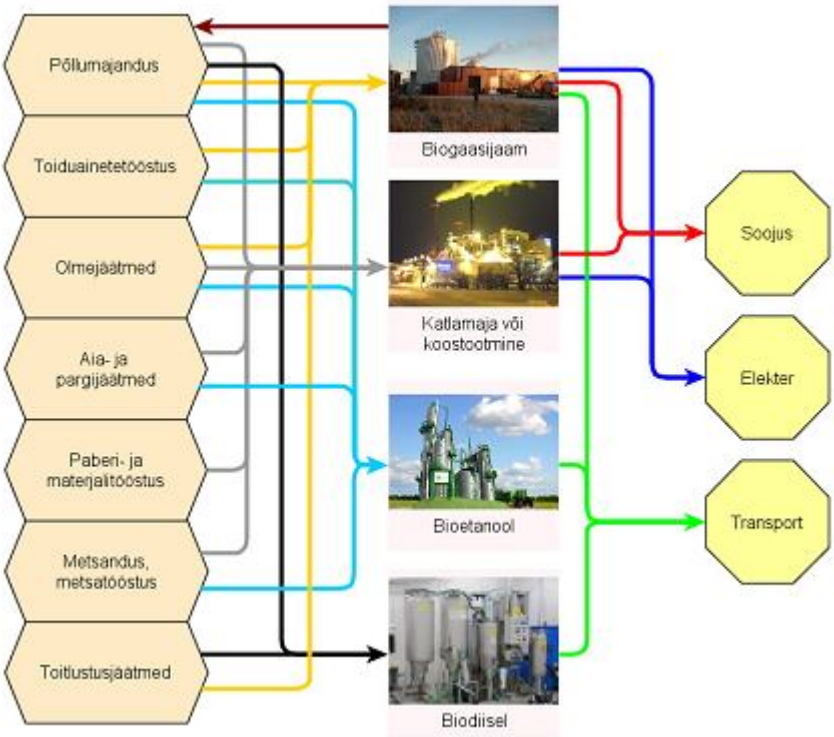
a) suurendada ressursi alumist küttevääртust näiteks kuivatamise teel;
b) suurendada mahutihedust (ρ_{maht}), näiteks saepuru pelletiteks pressimise või raiejäätmete peenestamise teel.

[13] Linnaeus University et. al. Bioenergia süsteemi planeerija käsiraamat (The Bioenergy System Planners Handbook). 2012. http://bisyplan.bioenarea.eu



Joonis 2.5. Metsa biomassi erinevate sortimentide mahumass võrreldes täispuidu tihedusega (100%) ja selle mõju koorma laadimise tõhususele[13]

Tootmisüksuseni jõudnud ressursi energiaks väärindamise võimalusi kirjeldab alljärgnev joonis (joonis 2.6)



Joonis 2.6. Biomassi kasutamise võimalused energia tootmisel[14]

[14] Annuk et. al. Tartumaa taastuvate olme- ja tööstusjäätmete energiaressursside ülevaade. Lõpparuanne. 2011. http://www.tas.ee/files/Tartumaa%20energiaressurss_l%C3%B5pparuanne.pdf

Käesolevas töös eelnevalt toodud võimalustest käsitletud biomassi kasutamist soojus- ja elektrienergia tootmisel. Alljärgnevalt on antud täpsem ülevaade biogaasi tootmise väärtusahelast (joonis 2.7).

Joonis 2.7. Biogaasi tootmise väärtusahel[15]

Biogaasi väärtusahelat kirjeldavad järgmised etapid[16]:

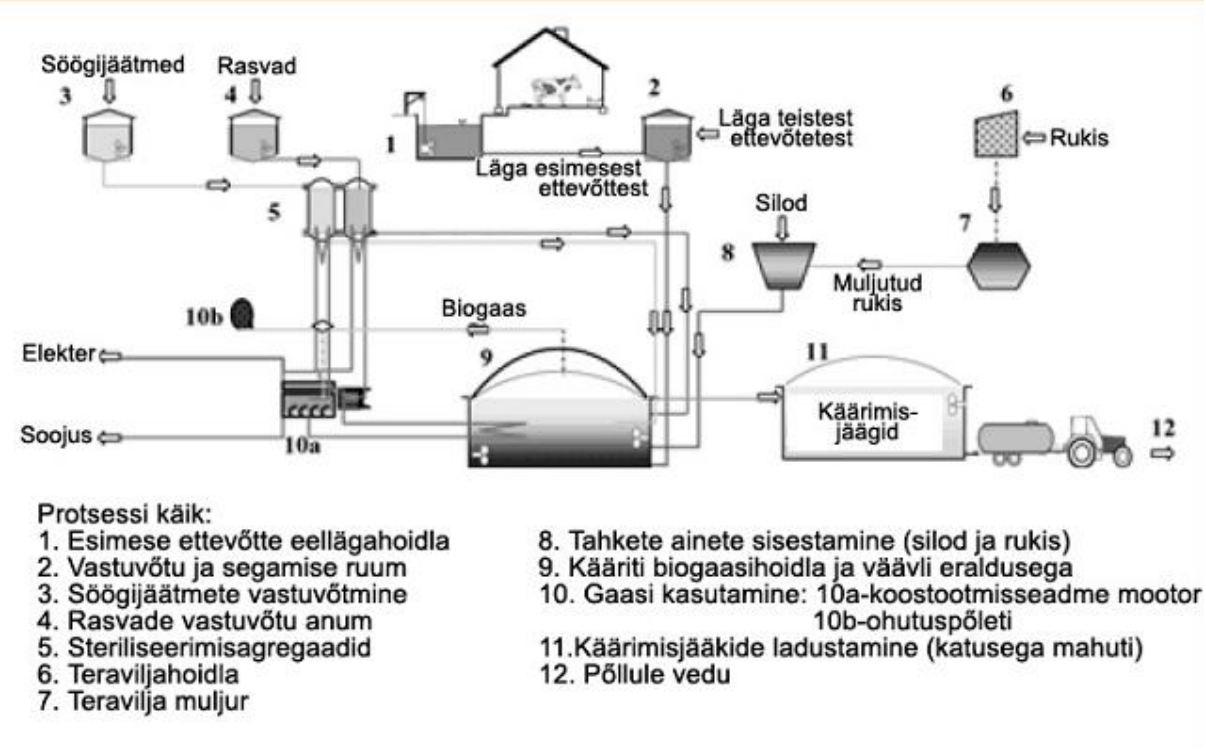
a) biogaasi sisendite tootmine – põhilist kasutust leidnud biogaasi sisendid saadakse peamiselt prügilatest, reoveepuhastusjaamadest, toiduainetööstustest, toitlustus- ja majutusasutustest, olmejäätmetest, samuti loomakasvatusest ja põllumajanduslikelt maadelt;
b) biogaasi tootmine – anaeroobselt lagunevad jäätmed, jäägid ja muu tooraine vääristatakse biogaasiks, kusjuures käärimisjääki saab kasutada väetisena. Toodetud biogaasi saab kasutada soojus- ja elektrienergia koostootmiseks;
c) biogaasi puhastamine – transpordikütuseks kasutamiseks ja/või maagaasivõrku müümiseks on vaja biogaas puhastada. Eestis teadaolevalt keegi biogaasi biometaaniks ei puhasta ega kasuta mootorikütusena ega sisestata maagaasitorustikku;

[15] Mõnus Minek SEES OÜ illustratsioon 2012. www.monusminek.ee

[16] Mõnus Minek SEES OÜ. Regionaalne biogaasistrateegia ning selle rakenduskava väljatöötamine. Tartu-Ääsmäe 2011. http://www.monusminek.ee/documents/BG_regionaalne_strateegia_130112.pdf

d) biogaasi ladustamine ja transport – praegu puuduvad Eestis biometaanile tehnilised standardid selle müümiseks gaasivõrku ning ühtlasi ka müügitingimused.
e) turundus ja müük - majanduslikult tasuvate variantidena tulevad kõne alla lisaks elektri- ja sooja koostootmisele: biogaasi kasutamine pärast puhastamist mootorikütusena; otse maagaasivõrku müümine või maagaasitorude kaudu biometaani müümine lõpptarbijale.
f) lõpptarbimine – toodetud elektri- ja soojusenergia tarbimine ja/või müük. Biometaani turustamine või kasutamine omatarbeks.

Käesolevas töös on biogaasi tootmisel eeldatud anaeroobse lagundamise protsessi kasutamist, mida on võimalik paljude erinevate substraatidega. Lihtsustatult öeldes on tegemist protsessiga, kus hapnikuta keskkonnas tekib orgaanilisest toorainest gaaside segu (biogaas), mille metaanisisaldus jääb vahemikku 50…70%. Protsessi peamiseks eeliseks loetakse asjaolu, protsessis saab lähteainena kasutada läga, reoveesetted, märga sõnnikut, toidujäätmed ja muu sarnast materjali, mida energia tootmiseks mingil muul viisil kasutada ei saa[13]. Biogaasijaama põhimõtteskeem on toodud alljärgneval joonisel (joonis 2.8).



Joonis 2.8. Biogaasi tootmise mudeltehas[17]

[17] Eesti Põllumeeste Keskliit. Biogaasi tootmine ja kasutamine. Käsiraamat. Tartu 2009. http://vana.emu.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=497265/biogaasiraamat_veebiversioon.pdf

3. LÕUNA-EESTI REGIOONI POTENTSIAALSED BIOMASSI RESSURSID

3.1. Biomassi potentsiaalsete ressursside klassifikatsioon

Kõige ilmsemad kasutatavad liigid on pärit põllumajandusest ja metsandussektorist, kuid ka teisi allikaid ei tohi ei tohi jätta tähelepanuta. Biomassi potentsiaalselt ressurssi on käesolevas töös hinnatud järgmistele taastuvatele energiaallikatele:

- metsatööstus ning selle jäätmed;
- puidujäätmed tööstustest ning kodumajapidamistest;
- energiakultuurid;
- rohtne biomass põllumajandusest;
- biolagunevad olmejäätmed.

Lisaks potentsiaalsele ressursile on oluline ka reaalselt kasutatav ressurss. Kui teoreetiline potentsiaal hõlmab kogu energiat, mida oleks võimalik ressursist saada, siis reaalselt kasutatava ressursi potentsiaal on see osa teoreetilise potentsiaali energiast, mida saab tarbijale pakkuda, arvestades kõiki õiguslikke piiranguid, kasutuselolevaid tehnoloogiaid ning tarnimisvõrgustiku olemasolu. Suur roll on ka majanduslikul otstarbekusel.

3.2. Biomassi ressursid metsast

3.2.1. Potentsiaalne biomassi kogus

Metsad on Eestis peamised (eriti energeetikas kasutatava) biomassi kogumise alad. Metsast potentsiaalselt saadavat biomassi võib jaotada järgmistesse kategooriatesse:

a) jämepalk;
b) peenpalk;
c) paberipuu;
d) küttepuu;
e) jäätmed;
f) kännud.

Energeetika seisukohast omavad tähtsust küttepuude, raiejäätmete (raidmete) ja kändude biomassi kogused.

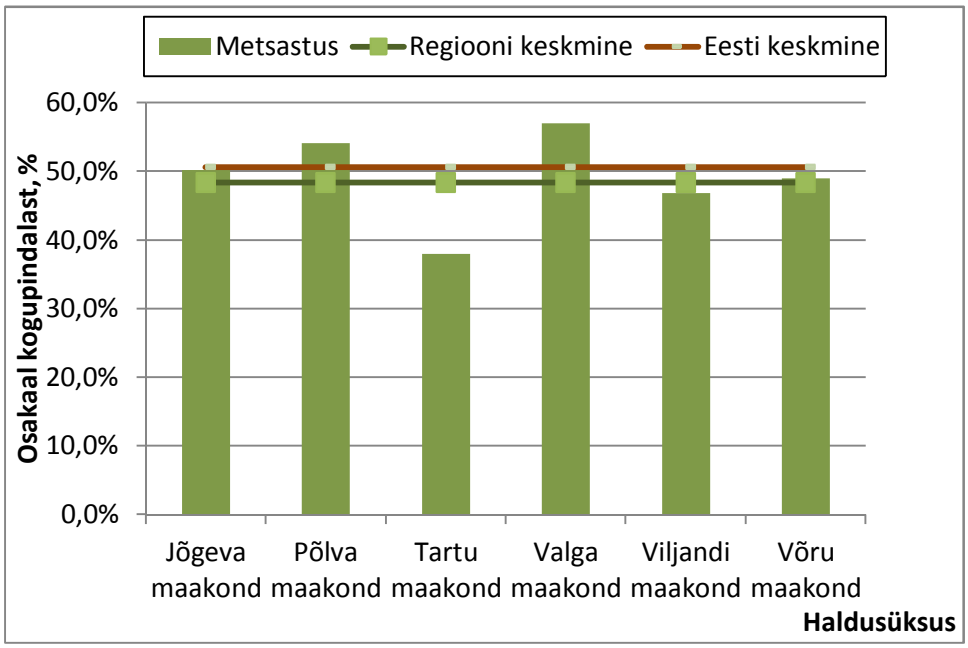
Andmeid metsavarude kohta kogutakse metsade inventeerimisega. Eestis on viimasel paarikümnel aastal regulaarselt inventeeritud ainult riigimetsi. Erametsade inventuur on sõltunud nende registreerimisest maakatastris, omanike huvist metsi majandada ja ka vajalike rahaliste vahendite olemasolust. Kõik lausinventeerimisega kogutud metsaandmed kantakse metsaressursi arvestuse riiklikku registrisse (Metsaregistrisse).

Selleks, et arvutada teoreetiliselt kätte saadav ning potentsiaalselt energeetikas kasutatava biomassi kogus, tuleb välja selgitada metsamaa ja metsatagavara suurus, liigiline kooseis,

aastane juurdekasv, piirangud, aastased raided. Statistilise metsainverteerimise (SMI) andmete tõlgendamine ning analüüsimine on suhteliselt keerukas erinevatesse registritesse (Maakataster, Metsaregister) tehtud kannete erinevuse tõttu. Alljärgnevas tabelis (tabel 3.1) on esitatud Statistilise metsainventeerimise tulemused aasta 2010 kohta.

Tabel 3.1. Lõuna-Eesti regiooni korraldatud metsamaa pindala ja kogupindala[18]

Maakond	Metsamaa pindala	Metsasus	Korraldatud metsamaa pindala, 1000 ha		Korraldamata	
	1000 ha		riigimets	eramets	1000 ha	
Kogu Eesti	2 212.00	50.6%	789.0	694.7	728.4	32.9%
Jõgeva maakond	130.8	50.2%	52.3	43.4	35.1	26.8%
Põlva maakond	117.3	54.2%	42.2	35.0	40.1	34.2%
Tartu maakond	117.5	38.0%	57.2	29.4	30.9	26.3%
Valga maakond	116.8	57.1%	43.8	40.1	32.9	28.2%
Viljandi maakond	168.1	46.8%	51.2	69.4	47.5	28.3%
Võru maakond	112.9	49.0%	41.6	45.7	25.6	22.6%
Lõuna-Eesti regioon	763.4	48.3%	288.3	263.0	212.1	27.8%

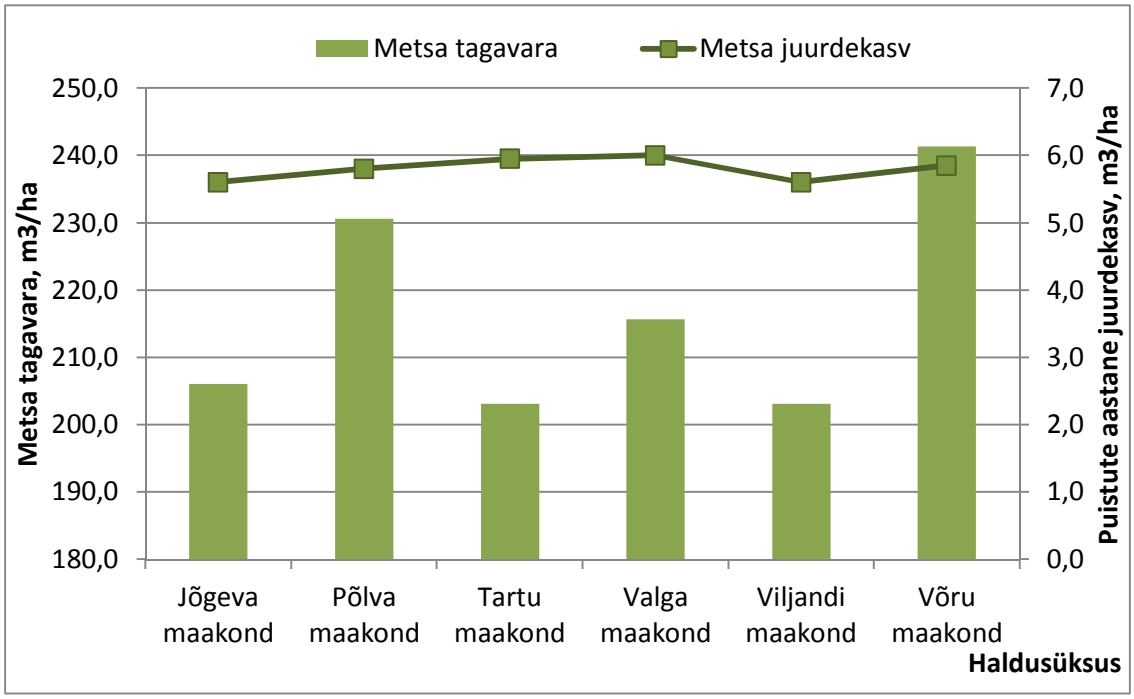


Joonis 3.1. Lõuna-Eesti regiooni metsastus.

Metsastus väljendab metsaga kaetud ala osakaalu regiooni kogupindalast. On näha, et Lõuna-Eesti keskmine metsastus jääb ~2 % alla Eesti keskmisest, kusjuures vaid Põlva- ja Valgamaa metsasuse osakaal on Eesti keskmist näitajat ületavas suurusjärgus.

[18] Keskkonnateabe Keskus. Aastaraamat Mets 2010. 2012. Tartu, 241 lk

Korraldatud metsamaa pindala väljendab Keskkonnaministri määruse „Metsa korraldamise juhend“ kohaselt inventeeritud metsa. Vastavalt „Metsaseadusele“ peab metsaomanikul olema uuendus-, harvendus- või valikraie tegemiseks kehtivad inventeerimisandmed (v.a. juhul, kui metsamaa pindala on väiksem kui 2 ha). Joonis 3.2 iseloomustab Lõuna-Eesti regiooni metsades paiknevat metsatagavara ja juurdekasvu inventeeritud metsades.



Joonis 3.2. Metsamaa tagavara ja juurdekasv Lõuna-Eesti regioonis 2010. aastal[18]

Lõuna-Eesti regiooni keskmine metsatagavara kogus era- ja riigimaal on 219,6 m^3/ha ning aastakeskmine metsa juurdekasv on 5,7 m^3/ha, mis on märgatavalt suuremad Eesti keskmistest näitajatest 207,3 m^3/ha ja 5,2 m^3/ha.

3.2.2. Metsade pikaajaline toodang

Eelnevast peatükist sai selgeks, et metsatagavara on Lõuna-Eesti regioonis arvestatava suurusega. Samas ei ole võimalik metsatagavara suurusest otseselt teada saada metsade pikaajalist biomassi toodangut.

Metsade pikaajalise toodang on arvutatud EMÜ teadlaste poolt teostatud uuringus „Eestis olemasoleva, praeguse või juba kavandatud tootmise-tarbimise juures tekkiva biomassi ressursi hindamine“[19]. Uuring valmis küll 2007. aastal, kuid arvestades, et metsa tagavara muutus on aastatel 2005...2010 olnud ~1 %[18], siis võime eeldada, et nende poolt antud hinnangut on võimalik kasutada ka aasta 2010 potentsiaalsete tootmismahtude

[19] Muiste, P jt. Eestis olemasoleva, praeguse või juba kavandatud tootmise-tarbimise juures tekkiva biomassi ressursi hindamine. Lõpparuanne. Tartu: 2007.

kirjeldamiseks. Alljärgnev tabel (tabel 3.2) on koostatud, kasutades metsade pikaajalist toodangut[19], mida korrigeeriti 2007…2009 keskmiste raiemahu sortimentide abil[18].

Tabel 3.2. Metsade pikaajaline keskmine toodang (HR – harvendusraie, LR – lageraie)[18, 19]

Maakond	Raieviis	Kokku, 1000 tm/a	Tarbepuit, 1000 tm/a	Küttepuit, 1000 tm/a	Jäätmed, 1000 tm/a	Kännud, 1000 tm/a	Energeetikas kasutatav, 1000 tm/a
Kogu Eesti	HR	2861	2088	773	813		2902
	LR	5545	4047	1498	691	778	5516
	Kokku	**8406**	**6135**	**2271**	**1504**	**778**	**8417**
Jõgeva maakond	HR	188	137	51	56		193
	LR	359	262	97	45	50	357
	Kokku	**547**	**399**	**148**	**101**	**50**	**550**
Põlva maakond	HR	191	139	51	48		187
	LR	343	250	93	40	49	340
	Kokku	**534**	**390**	**144**	**89**	**49**	**527**
Tartu maakond	HR	176	129	48	50		178
	LR	328	240	89	40	46	326
	Kokku	**505**	**368**	**136**	**90**	**46**	**504**
Valga maakond	HR	167	122	45	45		167
	LR	314	229	85	38	44	311
	Kokku	**481**	**351**	**130**	**82**	**44**	**477**
Viljandi maakond	HR	270	197	73	78		275
	LR	505	369	136	62	70	501
	Kokku	**775**	**566**	**209**	**140**	**70**	**776**
Võru maakond	HR	195	143	53	51		193
	LR	361	263	97	43	51	357
	Kokku	**556**	**406**	**150**	**93**	**51**	**550**
Lõuna-Eesti regioon	HR	1188	867	321	327	0	1194
	LR	2210	1613	597	268	310	2191
	Kokku	**3398**	**2480**	**918**	**595**	**310**	**3384**

Ülaltoodud tabeli põhjal saab järeldada, et Lõuna-Eesti regioonis on võimalik toota 1101 tm energeetikas kasutatavat biomassi, mis moodustab **~40 %** kogu Eesti potentsiaalsest toodangust.

3.2.3. Metsi läbivate elektriliinide alla jääv biomass

Kuivõrd metsi läbivate liinitrasside aluseid maa-alasid ei kasutata (vastavatelt maa-alasid puhastatakse võsast 3…5 aasta tagant), on mõistlik mahaniidetavaid puu- ja põõsastaimi kasutada energia tootmiseks. Vastavate alade suurust on hinnatud vastavalt uurimistöö „Elektriliinide trassidelt saadava võsa energeetiline potentsiaal“[20] tulemustele. Uuringus kajastatud biomassi kogused 3-aastast raieringi ei peeta kõige optimaalsemaks. Seetõttu

[20] Mitt, R. Elektriliinide trassidelt saadava võsa energeetiline potentsiaal. EMÜ 2006.

teostati uuringu lähteandmete põhjal toodangumahtude ümber arvutamine 5-aastastele raieringidele[21].

Metsi läbivate elektriliinitrasside alade potentsiaalsed puidutoodangud 5-aastase raieringi kohta on toodud alljärgnevas tabelis (tabel 3.3).

Tabel 3.3. Metsi läbivate elektriliinide alade potentsiaalsed puidutoodangud maakondade kaupa 5-aastase raieringi korral[20, 21]

Maakond	Toodang, t/a			
	Põhivõrk	Jaotusvõrk	Madalpinge	Kokku
Kogu Eesti	13576	26613	8309	48498
Jõgeva maakond	797	1354	524	2675
Põlva maakond	466	1463	542	2470
Tartu maakond	1222	1659	797	3678
Valga maakond	652	1011	477	2140
Viljandi maakond	220	1940	695	2855
Võru maakond	220	1454	599	2273
Lõuna-Eesti regioon	**3578**	**8880**	**3634**	**16092**

5-aastase raieringi korral on potentsiaalne puidutoodang Lõuna-Eesti regioonis 16 000 t, mis vastab ~**33-le %**-le Eesti elektriliinide alla jäävast potentsiaalsest toodangust.

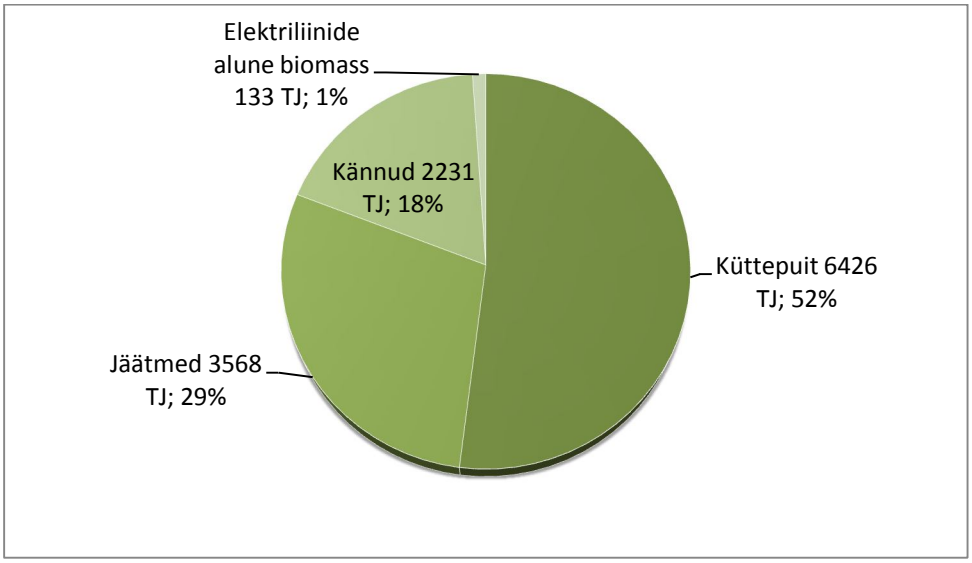
3.2.4. Potentsiaalne energia metsast saadavast biomassist

Puitsest biomassist saadavat potentsiaalselt energiakogust on võimalik hinnata, kasutades kütuse alumisi küttevääritusi (tabel 2.1). Potentsiaalselt kasutatava ressursi puhul eeldame, et kõik eelnevalt kirjeldatud biomass on kätte saadav.

Tabel 3.4. Metsast saadava biomassi primaarenergia

Maakond	Küttepuit, TJ	Oksad, TJ	Kännud, TJ	Elektriliinide alune biomass, TJ	Kokku, TJ
Kogu Eesti	15897	9023	5604	402	30925
Jõgeva maakond	1035	605	358	22	2021
Põlva maakond	1009	532	350	20	1912
Tartu maakond	955	539	330	30	1854
Valga maakond	909	493	318	18	1739
Viljandi maakond	1466	840	507	24	2836
Võru maakond	1051	560	367	19	1997
Lõuna-Eesti regioon	**6426**	**3568**	**2231**	**133**	**12358**

[21] AF-Estivo AS. Misso valla taastuvenergia ressursside kasutusvõimaluste uuring. Tallin 2009



Joonis 3.3. Lõuna-Eesti regiooni metsadest saadava biomassi potentsiaalne primaarenergia

Lõuna-Eesti regioonis on metsast saadavast biomassist võimalik toota 12 000 TJ ehk ~**40 %** kogu Eestis potentsiaalselt toodetavast biomassi primaarenergiast

3.3. Biomassi ressurss põllumajanduslikelt maadelt

3.3.1. Biomass kasutamata põllumaa-aladelt

Kasutusel olevatest põllumaa-aladest on andmeid nii Statistikaametil kui ka Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ametil (PRIA). Käesolevas töös on eeldatud, et PRIA kui toetuste väljaandja omab kõige täpsemaid ning ajakohasemaid andmeid maa-alade kohta, kus toimub põllumajanduslik tegevus. Alljärgnevas tabelis (tabel 2.1) on toodud PRIA poolt väljastatud andmed 2010. aasta ühtse pindalatoetuse saamiseks esitatud maa-alade suurus. Eeldades, et PRIA register on alates 2007. aastast uuenenud olemasolevate põllupindade suurenemise arvelt, on eraldi välja toodud MES uuringus „Maaressurss“ leitud 100% kasutamata põllumassiivide pindala.

Tabel 3.5. PRIA poolt väljastatavate pindalatoetuse taotlemine maakondade lõikes[22, 23]

Maakond	Toetusõiguslik pind, 1000 ha	Taodeldud pind 2010, 1000 ha	Taotlemata, 1000 ha	Sellest 100 % kasutamata, ha
Jõgeva maakond	88,1	70,2	17,9	7,4
Põlva maakond	68,7	49,6	19,2	4,1
Tartu maakond	105,7	76,7	28,9	12,8
Valga maakond	62,1	41,6	20,5	5,8
Viljandi maakond	103,6	79,3	24,4	5,7
Võru maakond	73,6	48,6	25,0	9,6
Lõuna-Eesti regioon	501,8	366,0	135,8	45,4

Lugedes maa-alasid, millele ühtse pindalatoetuse saamiseks avaldust ei esitatud, kasutamata maadeks[23], saame hinnata nendelt aladelt saadavat potentsiaalset biomassi ressurssi. Toetusõigusliku maa kasutamata jätmine võib olla tingitud nii saagikusest kui ka transpordikulutustest. Potentsiaalselt kasutatava maa pindala leidmisel on välja jäetud uuringus Maaressurss leitud 100% kasutusest väljas oleva maa-ala pindala, eeldades, et antud maa harimine pole majanduslikult otstarbekas. Energeetiliste põllukultuuride kasvatamisotstarbekus on otseselt seotud kokkuostuhindade ning transpordikuludega. Järgnevas tabelis on hinnatud potentsiaalselt saadavat energiakogust taotlemata põllumaa kasutamisel nii rohumaa- kui ka energiakultuuri kasvualana.

Energiakoguse hindamisel on kasutatud eeldust, et rohtset biomassi kasutatakse biogaasi tootmisel. Rohtse biomassi värske massi toodanguks on arvestatud 7,3 t/ha[24]. Toorainete arvestuslikud biogaasi toodanguna on kasutatud 135,5 m^3/t[25].

---

[22] Põllumajanduse Registrite ja Infosüsteemide Amet. 2012. http://pria.ee/

[23] Muiste, P. et al. MES uuringu Maaressurss lõpparuanne. Tartu, 2007.

[24] Vares, V. et al. Biomassi tehnoloogiauuringud ja tehnoloogiate rakendamine Eestis. Tallinn, 2008.

Tabel 3.6. Biomassi potentsiaalne toodang ja primaarenergia taotlemata põllumaadelt

Maakond	Maa-ala, 1000 ha	Biogaasi tootmine		Tehniliselt kasutatav ressurss
		1000 m^3/a	TJ/a	TJ
Jõgeva maakond	17,9	17 684	350	70,0
Põlva maakond	19,2	18 971	376	75,1
Tartu maakond	28,9	28 598	566	113,2
Valga maakond	20,5	20 287	402	80,3
Viljandi maakond	24,4	24 088	477	95,4
Võru maakond	25,0	24 692	489	97,8
Lõuna-Eesti regioon	135,8	134 320	**2 660**	**531,9**

Maa-alade kasutamisest põllumajanduses annab ülevaate alljärgnev tabel (tabel 3.7). Tehniliselt kasutatavaks ressursiks on hinnatud 20% potentsiaalsest ressursist[3].

Tabel 3.7. Keskmine deklareeritud maakasutus aastatel 2008…2010[22]

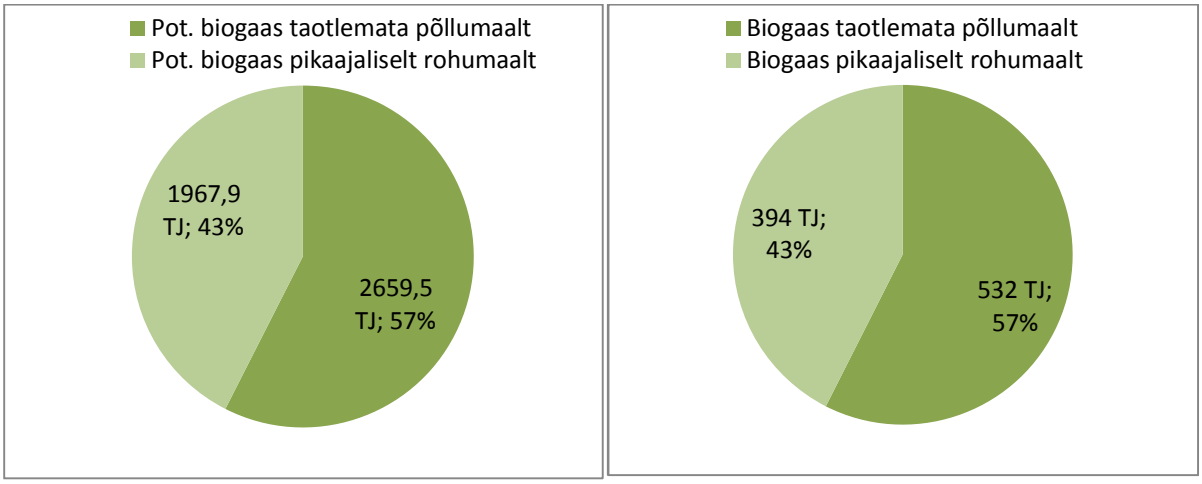
Maakond	Looduslik rohumaa	Mustkesa	Põllukultuurid	Püsikultuurid	Püsirohumaa
	1000 ha	1000 ha	1000 ha	1000 ha	1000 ha
Jõgeva maakond	1,3	0,7	55,0	0,2	12,2
Põlva maakond	1,2	0,7	41,4	0,2	5,8
Tartu maakond	2,0	1,0	62,5	0,5	9,6
Valga maakond	1,9	0,8	27,7	0,3	10,3
Viljandi maakond	1,4	0,8	63,6	0,4	12,5
Võru maakond	2,9	0,6	29,4	0,2	14,8
Lõuna-Eesti regioon	10,6	4,6	279,7	1,9	65,2

Eeldades, et loodusliku rohumaa ning püsirohumaa all deklareeritud põllumajandusmaadelt saab biomassi koguda ning kasutades püsirohumaade keskmist saagikust aastatel 2008…2010[7], saab leida potentsiaalse biogaasi toodangu (tabel 3.8).

Tabel 3.8. Pikaajalistelt rohumaadelt potentsiaalselt saadav energia kogus[22, 7]

Maakond	Kasutatav pind	Saagikus	Biomassi toodang	Biogaasi toodang	Primaar-energia	Kasutatav energia
	1000 ha	t/(1000 ha)	1000 t	1000 m3	TJ/a	TJ/a
Jõgeva maakond	13,4	10 036	135	18 236	361	72,2
Põlva maakond	7,0	10 235	72	9 703	192	38,4
Tartu maakond	11,6	10 695	124	16 852	334	66,7
Valga maakond	12,2	8 412	102	13 851	274	54,8
Viljandi maakond	13,9	9 513	132	17 930	355	71,0
Võru maakond	17,7	9 523	168	22 819	452	90,4
Lõuna-Eesti regioon	75,8	-	734	99 390	**1 968**	**393,6**

[25] OÜ Mõnus Minek SEES. Särevere Biogaasi Energiaühistu (SäBE) loomise eelteostatavuse uuringu aruanne. Tallinn-Särevere-Ääsmäe, 2011.



Joonis 3.4. Lõuna-Eesti regiooni potentsiaalne (vasakul) ning tehniliselt võimalik (paremal) biogaasi primaarenergia toodang põllumaa-aladelt

Eeltoodud tabelitest ja jooniselt (joonis 3.4) nähtub, et Lõuna-Eesti kasutamata põllumaadel ning püsi- ja pikaajalistel rohumaadelt saadavat toorainet kasutades on teoreetiliselt võimalik toota 233 mln m^3 biogaasi, mille primaarenergia sisaldus ulatub 4,6 PJ-ni. Kasutatav primaarenergia kogus jääb siiski 0,9 PJ juurde, kuivõrd teoreetilise koguse, mille tootmist raskendavad transpordikulutused ja –võimalused ning majanduslik otstarbekus. Samuti vähendab kättesaadava tooraine kogust puude ja põõsaste olemasolu, mis takistab suuremate niidukite tööd.

3.3.2. Energiakultuurid

Energiakultuurid on Eesti põllumajanduse jaoks suhteliselt uus. Termini „energiakultuurid“ tähistatakse siinjuhul igasugune põllumajanduslik tooraine, mis on kasvatatud kasutamiseks lähteainena energiakandjate nagu vedelate biokütuste ja biogaasi tootmiseks, või otseseks põletamiseks soojuse ja elektri koostootmisel. Energiakultuuride all ei mõelda vaid "uudsed" põllukultuure, kuivõrd mitut "traditsioonilist" toidu-, sööda- ja kiutaimekultuuri nagu rapsiseemneid, kanepit ja maisi saab edukalt kasvatada üksnes energiakandja tootmiseks. Neid põllukultuure on laialdaselt uuritud ja nad järgivad tüüpilisi tootmismudeleid: näiteks biogaasi tootmisel kasutatavat maisi koristatakse samamoodi nagu loomasöödaks mõeldud maisisilo.

Aastatel 2007…2009 said põllumajandusettevõtted PRIA-st taotleda toetust energiakultuuri kasvatamiseks. Toetustega hõlmatud maa-ala on näitab energiakultuuride kasvatamise potentsiaali Lõuna-Eesti regioonis (tabel 3.9).

Tabel 3.9. Energiakultuuri toetusega hõlmatud pind 2007…2009[22]

Maakond	2007	2008	2009
	1000 ha	1000 ha	1000 ha
Jõgeva maakond	1,2	2,1	2,8
Põlva maakond	0,5	0,6	0,8
Tartu maakond	1,4	2,5	2,8
Valga maakond	0,4	1,1	0,5
Viljandi maakond	2,3	3,6	4,7
Võru maakond	0,1	0,3	0,6
Lõuna-Eesti regioon	**5,9**	**10,1**	**12,2**

Energiakultuuridena kasvatati kaera, päideroogu, rapsi, rüpsi, nisu, otra ja rukist. Kokku toodeti 2009. aastal energiakultuure 20 500 000 tonni ulatuses (tabel 3.10).

Tabel 3.10. Energiakultuuri toetusega hõlmatud pinnalt tarnitud kogused[22]

Energiakultuur	2007	2008	2009
	1000 t	1000 t	1000 t
Kaer	53,8	107,4	59,6
Päideroog	316,7	316,7	279,0
Raps, rüps	10 923,5	16 227,7	20 184,3
Nisu	-	50,9	7,8
Oder	-	206,5	-
Rukis	-	179,1	-
Kokku	**11 294,0**	**17 088,3**	**20 530,7**

Kuigi eespool toodud tabelitest nähtub, et energiakultuurina on kasutatud ka n.ö. „tavapäraseid“ põllukultuure, tuleb siiski meelde tuletada, et toidukultuuride kasutamine energiavajaduse katmiseks on moraalselt mõistlik vaid juhul, kui neid oma esmasel otstarbel kasutada ei saa.

3.3.3. Pilliroog ja põhk

Pilliroo ning põhu kasutamiseks energeetikas on sobivaimaks tehnoloogiaks eeldatud tooraine põletamine.

Eestis paiknevatelt roostikelt saadavat energiakogust on hinnanud TTÜ Soojustehnika Instituut oma erinevates uuringutes. Alljärgnevalt on toodud Lõuna-Eesti regiooni reaalselt kasutatavalt roostikelt saadavad saagi ning energia kogused. Energia koguse arvutamiseks on kasutatud pilliroo soojustehniliste parameetrite määramise katsete abil saadud alumist küttevääртust 3,8 MWh/t[26]. Samas allikas mainitakse ka, et pilliroo koristamise optimaalseks

[26] Kask, Ü. et al. Pilliroo kui kütuse põlemistehnilistest parameetritest. Eesti põlevloodusvarad ja –jäätmed. 2007.

ajaks on 90 päevane periood (jaanuarist märtsini). Välja on jäetud maakonnad, kus roostike ei ole, või nende pindala jääb alla 100 ha.

Tabel 3.11. Roostikelt saadav biomass ja energia[27]

Maakond	Kasutatav pindala, ha	Saagikus, t/ha*	Saak, t	Kasutatav energia, TJ	Potentsiaalne energia, TJ
Jõgeva maakond	-	-	-	-	-
Põlva maakond	90	9,7	873	11,9	22,6
Tartu maakond	2100	4,9	10290	140,8	281,6
Valga maakond	250	6,5	1625	22,2	43,7
Viljandi maakond	290	6,3	1827	25,0	49,7
Võru maakond	250	6,5	1625	22,2	44,2
Lõuna-Eesti regioon	2890	-	15367	222,2	441,7

* Määratud saagikuse mõõtmise tegelikel andmetel (TTÜ STI). Valga- ja Võrumaa puhul kasutati Eesti keskmist saagikust

Põhu saagikust võib hinnata 1,6…2 t/ha (15%-se niiskuse juures)[28]. Siinjuhul kasutati saagikuseks 1,6 t/ha. Põhu alumiseks küttevääртuseks on võetud 4 MWh/t. Vastavalt MES uuringu[23] aruandele ei saa põhu kasutamist kütusena arvestatavaks lugeda, sest see on üheks olulisemaks mulda tagastatavaks orgaanilise aine allikaks huumuse taastootmisel. Eriti oluline on seda arvestada Lõuna-Eesti vähehuumuslikel muldadel. Põhu kogusaagist võiks omada biokütusena väärtust vaid talivilja põhk, esmajoones rukki põhk, kuid seda vaid lokaalse küttena talu või ettevõtte kuivatites. Edaspidi, teravilja saagikuse suurenedes võib ka põhu kasutamine biokütusena meil suuremat tähtsust omada. Energia tootmisel kasutatavaks põhu koguseks on võetud 10% põhu kogusaagist[28] (tabel 3.12).

Tabel 3.12. Lõuna-Eesti regioonis tekkiv põhu kogus ja sellest saadav primaarenergia[1, 22]

Maakond	Teravilja kasvupind, 1000 ha	Saadav põhu kogus, 1000 t	Kasutatav põhu kogus, 1000 t	Kasutatav ressurss, TJ
Jõgeva maakond	28,4	45,5	4,5	64,2
Põlva maakond	19,7	31,6	3,2	45,4
Tartu maakond	35,9	57,4	5,4	77,1
Valga maakond	13,8	22,1	2,0	28,9
Viljandi maakond	32,4	51,8	5,0	72,4
Võru maakond	14,1	22,6	2,1	30,3
Lõuna-Eesti regioon	144,3	230,9	22,1	318,4

[27] Kask, Ü., Kask, L., Paist, A. 2007. Reed as energy resource in Estonia. – Ikonen, I., Hagelberg, E (eds). Read Up on Reed. Turku, Southwest Finland Regional Environment Centre, 102–114.

[28] Annuk, A. jt. Tartumaa taastuvate olme- ja tööstusjäätmete ressursside ülevaade. Tartu, 2011. http://www.tas.ee/wp-content/uploads/2012/11/Tartumaa-energiaressurss_lopparuanne.pdf

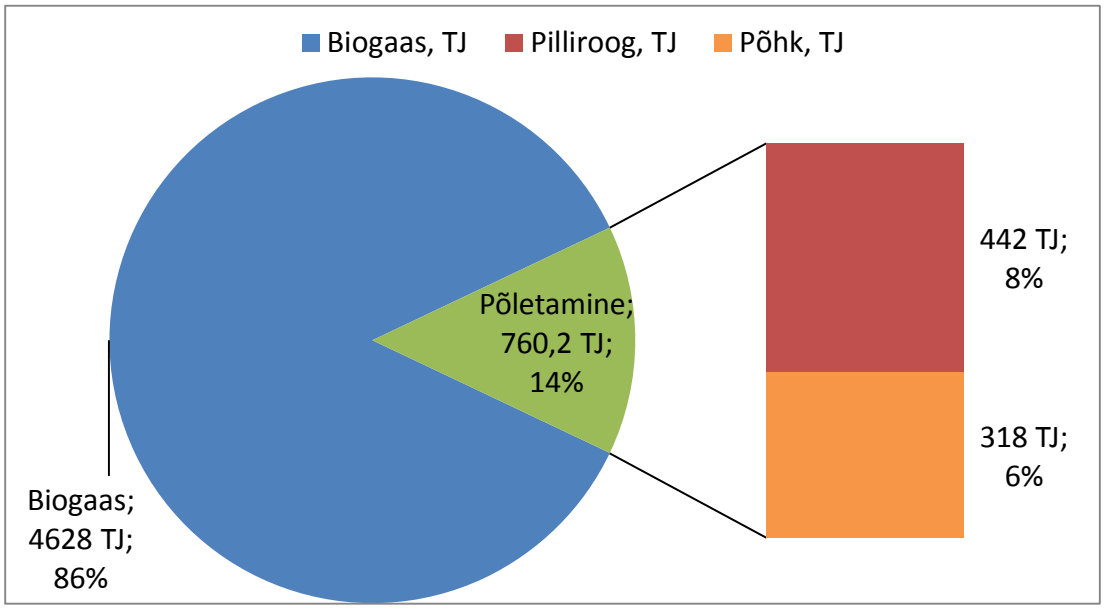
Nii pilliroo kui ka põhu ressursi kasutamine energeetikas on reaalne vaid juhul, kui tooraine paikneb soojatootja ligiduses.

3.3.4. Põllumaa-aladelt saadav energiaressurss

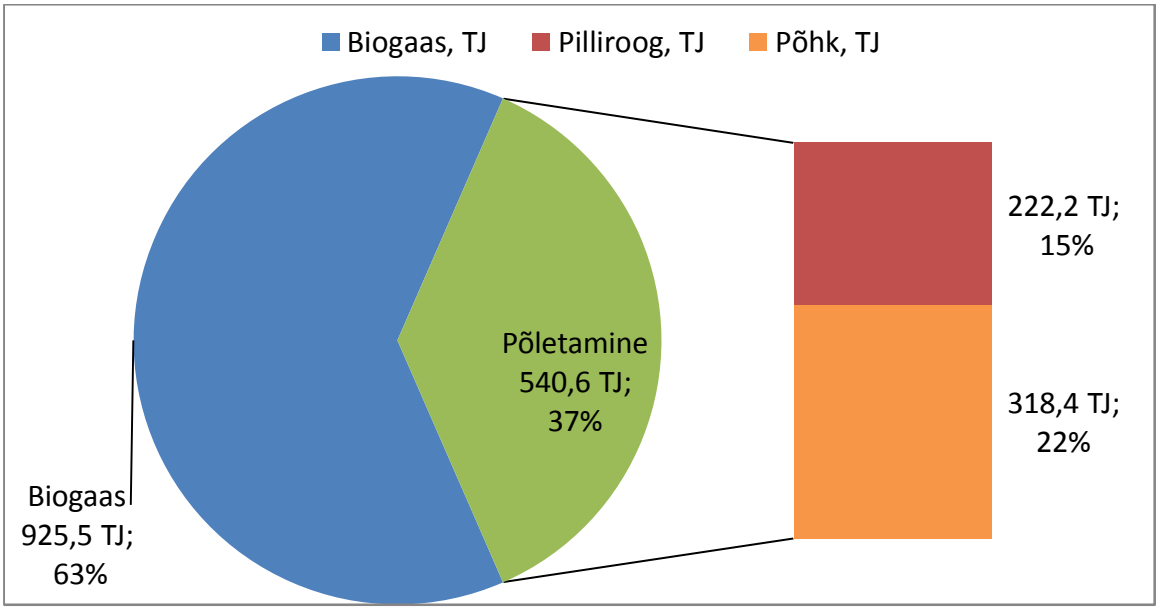
Alljärgnevasse tabelisse (tabel 3.13) ning graafikule (joonis 3.6) on koondatud Lõuna-Eesti põllumajandusmaadelt saadava energeetikas kasutatava tooraine primaarenergia sisaldus.

Tabel 3.13. Lõuna-Eesti regiooni põllumaa-aladelt saadava tooraine primaarenergia

Haldusüksus	Biogaas		Otsepõletamine		Kokku
	Kasutamata põllumaa, TJ	Pikaajaline rohumaa, TJ	Pilliroog, TJ	Põhk, TJ	
Jõgeva maakond	350,1	361,1	-	64,2	775,4
Põlva maakond	375,6	192,1	11,9	45,4	635,7
Tartu maakond	566,2	333,7	140,8	77,1	1258,6
Valga maakond	401,7	274,2	22,2	28,9	748,5
Viljandi maakond	476,9	355,0	25,0	72,4	954,1
Võru maakond	488,9	451,8	22,2	30,3	1015,3
Lõuna-Eesti regioon	2659,5	1967,9	222,2	318,4	**5387,6**



Joonis 3.5. Lõuna-Eesti regiooni põllumaa-aladelt saadava tooraine potentsiaalne primaarenergia sisaldus



Joonis 3.6. Lõuna-Eesti regiooni põllumaa-aladelt saadava tehnilis-majanduslikult kasutatava tooraine primaarenergia sisaldus

3.4. Biolagunevad jäätmed

Suurenevat vajadust biolagunevate jäätmete taaskasutamiseks energeetikas tingib lisaks suurenevale nõudlusele alternatiivsete energiaallikate järele ka asjaolu, et prügilasse ladestatavate olmejäätmete hulgas ei tohi biolagunevaid jäätmeid olla[29]:

a) üle 45 massiprotsendi alates 2010. aasta 16. juulist;
b) üle 30 massiprotsendi alates 2013. aasta 16. juulist;
c) üle 20 massiprotsendi alates 2020. aasta 16. juulist.

Käesolevas töös analüüsiti biolagunevad jäätmed kahte gruppi jaotatuna:

a) põletamiseks sobivad biolagunevad jäätmed;
b) biojäätmed, mida saab kasutada biogaasi tootmiseks.

Mõlemasse gruppi kuuluvate jäätmete potentsiaali saab hinnata Jäätmeregistri[30] andmete abil. Põletamiseks sobivate biolagunevate jäätmetena kasutati põhiliselt puidujäätmeid. Lisaks on biolagunevate jäätmete alla klassifitseeritud ka reoveesetted ning sea- ja veisesõnnik.

3.4.1. Puidujäätmed

Puidujäätmete potentsiaalse ressursi (tabel 3.15) leidmiseks kasutati Keskkonnateabe Keskuse jäätmearuandluse infosüsteemi (andmed esitatud 2008…2010 keskmisena). Käsitletud jäätmekoodid on esitatud alljärgnevas tabelis (tabel 3.14).

Tabel 3.14. Kasutatud jäätmetekkekoodid

Jäätmekood	Jäätme liik
02 01 07	Metsamajandusjäätmed (nt oksad, risu)
03 01 01	Puukoore- ja korgijäätmed
03 01 05	Saepuru, sh puidutolm, laastud, pinnud, puit, laast- ja muud puidupõhised plaadid ning vineer, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 03 01 04
03 03 01	Puukoore- ja puidujäätmed
15 01 01	Paber- ja kartongpakendid
15 01 03	Puitpakendid
17 02 01	Puit
19 12 07	Puit, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 19 12 06
20 01 38	Puit, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 20 01 37
20 03 01	Prügi (segaolmejäätmed)

Eeltoodud tabeli põhjal leiti põletamiseks sobilike jäätmete kogused (tabel 3.15).

[29] Jäätmeseadus. https://www.riigiteataja.ee/akt/749804?leiaKehtiv

[30] Keskkonnateabe Keskus. Jäätmearuandluse infosüsteem. 2012. https://jats.keskkonnainfo.ee/

Tabel 3.15. Puidujäätmete keskmine teke Lõuna-Eesti regioonis 2008…2010[30]

Haldusüksus	Puidujäätmete teke, t	Primaarenergia, TJ	sh puidujäätmed segaolmejäätmetest, TJ	Taaskasutatud energeetikas, TJ
Jõgeva maakond	5428	21	12	0,03
Põlva maakond	12683	94	13	51,16
Tartu maakond	135391	1116	98	71,28
Valga maakond	23820	200	15	236,65
Viljandi maakond	45622	390	27	89,31
Võru maakond	61492	583	16	187,83
Lõuna-Eesti regioon	284435	2405	182	599,35

Vaid **25%** Lõuna-Eesti regioonis prügilatesse ladestatud puidujäätmetest taaskasutati energia tootmiseks

3.4.2. Biogaasi tootmiseks sobilikud olmejäätmed

Biogaasi tootmiseks kasutatavad jäätmed (tabel 3.16) valiti erinevates uuringutes[31, 32, 33] käsitletud toorainete põhjal. Reoveesette tekkekogused ning sellest saadava biogaasi tootmise hinnangud on kajastatud eraldi alapeatükis.

Tabel 3.16. Kasutatud jäätmetekkekoodid

Jäätmekood	Jäätme liik
02 01 02	Loomsete kudede jäätmed
02 01 03	Taimsete kudede jäätmed
02 02 02	Loomsete kudede jäätmed
02 03 01	Pesemis-, puhastamis-, koorimis-, tsentrifuugimis- ja separeerimissetted
02 05 98	Vadak
02 07 99	Nimistus mujal nimetamata jäätmed
20 01 08	Biolagundatavad köögi- ja sööklajäätmed
20 01 25	Toiduõli ja -rasv
20 02 01	Biolagunevad jäätmed
20 03 04	Septikusetted
20 03 01	Prügi (segaolmejäätmed)

Eeltoodud tabeli põhjal leiti biogaasi toormena kasutatavate jäätmete kogused ning potentsiaalne biogaasi toodang (tabel 3.17).

[31] ERKAS Valduse OÜ. Biogaasitehase rajamine Tartu linnaliinitranspordi kütuse tootmiseks. 2011.
[32] AS ENPRIMA ESTIVO. Biolagunevate jäätmete käitlemine I etapp. 2004.
[33] Säästva Eesti Instituut. Tartu linna ja Tartu maakonna biogaasi tooraine uuring. Tallinn, 2011.

Tabel 3.17. Biogaasi tooraine teke Lõuna-Eesti regioonis 2008…2010[30]

Haldusüksus	Tooraine teke, t	Primaarenergia, TJ	sh tooraine segaolmejäätmetest, TJ
Jõgeva maakond	7729	433	2,2
Põlva maakond	12144	488	2,3
Tartu maakond	36392	2089	16,0
Valga maakond	6647	217	2,7
Viljandi maakond	4487	213	4,9
Võru maakond	82567	2717	2,8
Lõuna-Eesti regioon	**149967**	**6157**	**30,9**

Toorainete biogaasi toodangud ning täpsemad tekkekogused on toodud lisas A.

3.4.3. Sõnnik

Sõnnikutekkekoguse arvutamisel lähtuti Lõuna-Eestis üle 100-pealistes karjades paiknevate loomade arvust, mille jaoks vajalikud andmed saadi PRIA loomade registrist. Tuginedes nendele andmetele võib eeldada, et Lõuna-Eesti regioonis tekkis 2011. aastal arvestuslikult ligikaudu 1761 000 tonni tahesõnnikut, millest oleks võimalik toota 48 mln m^3 biogaasi. Sõnniku ning biogaasi aastase toodangu leidmiseks on kasutatud uuringus „Tartumaa taastuvate olme- ja tööstusjäätmete energiaressursside ülevaate“[14] toodud metoodikat.

Tabel 3.18. Biogaasi toodang sõnnikust[22, 14]

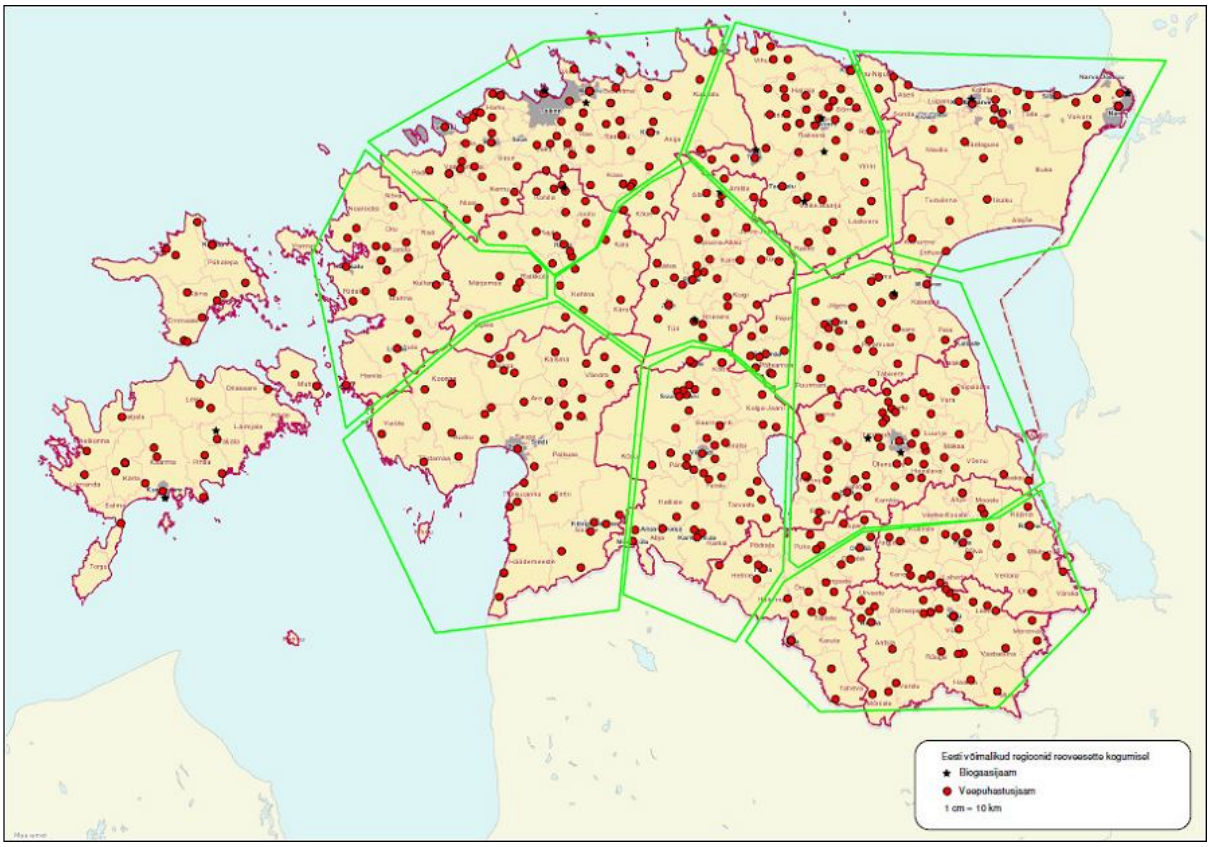
Maakond	Liik	Arv	Sõnniku toodang		Biogaasi saagis	Energeetiline potentsiaal
			1000 t/a	oKA, 1000 t/a	1000 m3/a	TJ
Jõgeva maakond	veised	19421	390	30	10657	211
	sead	32258	61	3	1716	34
Põlva maakond	veised	11710	235	18	6426	127
	sead	24272	46	3	1291	26
Tartu maakond	veised	11588	233	18	6359	126
	sead	30100	57	3	1601	32
Valga maakond	veised	7536	151	12	4135	82
	sead	2906	6	0	155	3
Viljandi maakond	veised	12637	254	20	6934	137
	sead	88210	168	9	4693	93
Võru maakond	veised	6474	130	10	3552	70
	sead	15469	29	2	823	16
Lõuna-Eesti regioon	veised	69366	1394	109	38063	754
	sead	193215	367	21	10279	204
	kokku	**262581**	**1761**	**129**	**48342**	**957**

Peamiseks tooraine allikaks on veisekarjad, mille toormest saadava biogaasi primaarenergia sisaldus moodustab 78% võimalikust kogutoodangust.

3.4.4. Reoveesete

Suurimate reovee käitlejate juures tekkiva reoveesette kogust biogaasi tootmiseks on hinnanud 2010. aastal OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus[34]. Arvestades suurimate reoveekäitlejate paiknemist, jaotati käesolevas töös käsitletav Lõuna-Eesti regioon tinglikult kolmeks piirkonnaks (joonis 3.7)[34]:

a) Tartumaa ja sellega piirnevad alad – keskusega Tartu;
b) Viljandimaa ja sellega piirnevad alad – keskusega Viljandi;
c) Põlva-, Võru- ja Valgamaa ning nendega piirnevad alad – keskusega Võru.



Joonis 3.7. Eesti võimalikud regioonid reoveesette kogumisel[34]

Uuringu tulemuste põhjal arvutati välja reoveesetetest biogaasi tootmise potentsiaal Lõuna-Eesti regioonis (tabel 3.19).

[34] OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Reovee töötlemise strateegia väljatöötamine. II etapp. 2010. Tallinn

Tabel 3.19. Biogaasi tootmise potentsiaal reoveesetetest[34]

Piirkonna nimi	Sette kogus, 1000 t	LA kogus, t	Biogaasi kogus, 1000 m3	Energia, TJ
Tartumaa	112143	2350	420	7,1
Viljandimaa	47728	1000	179	3,0
Põlva-, Võru-, Valgamaa	65063	1363	244	4,1
Lõuna-Eesti regioon	224934	4714	843	**14,3**

Reoveesette kuivaine (KA) sisalduseks võeti 3,1%, millest lenduvaine (LA) 67,6% ning mille tootlikkus 178,9 m^3/t. Uuringus märgiti, et biogaasi tootlikkus suureneb märgatavalt, kasutades kooskääritamist olme- ja köögijäätmetega. Kooskääritamisel olmejäätmetega täheldati katsetes 4,1 kordset tootlikkuse kasvu (märgmassi kohta), mis köögijäätmete puhul ulatus 7,5-ni[34].

Biolagunevate olme- ja köögijäätmete kooskääritamine reoveesettega võimaldab tootlikkust suurendada kuni 7,5 korda.

3.4.5. Lõuna-Eesti regioonis tekkivate biolagunevate jäätmete primaarenergia

Lõuna-Eesti regioonis tekkivate biolagunevate jäätmete potentsiaalne primaarenergia sisaldus on toodud alljärgnevas tabelis (tabel 3.20).

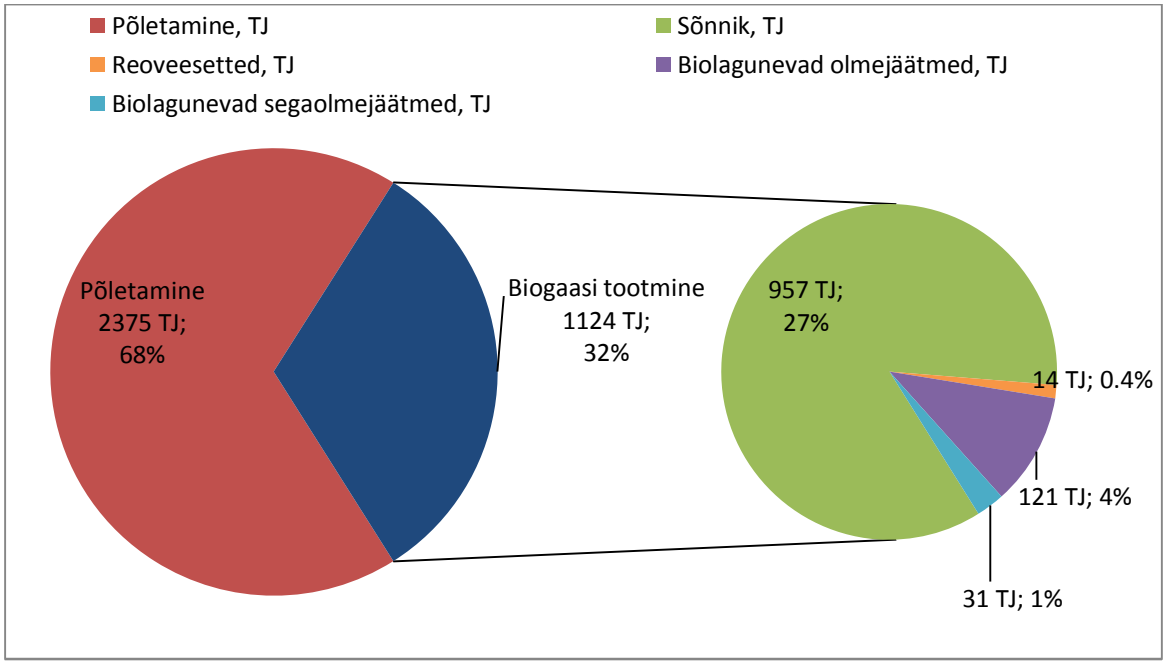
Tabel 3.20. Lõuna-Eesti regiooni biolagunevate jäätmete potentsiaalne primaarenergia sisaldus

Haldusüksus	Puidu-jäätmed, TJ	Põletatavad segaolme-jäätmed, TJ	Sõnnik, TJ	Reovee-setted, TJ	Biolagunevad olmejäätmed, TJ	Biolagunevad segaolme-jäätmed, TJ	Kokku, TJ
Jõgeva maakond	9	12	245	-	8,5	2,2	**277**
Põlva maakond	81	13	153	-	9,6	2,3	**259**
Tartu maakond	1018	98	158	7,1	41,0	16,0	**1338**
Valga maakond	185	15	85	-	4,2	2,7	**292**
Viljandi maakond	362	27	230	3,0	4,1	4,9	**632**
Võru maakond	567	16	87	4,1	53,7	2,8	**730**
Lõuna-Eesti regioon	2223	182	957	14,3	121,3	30,9	**3529**

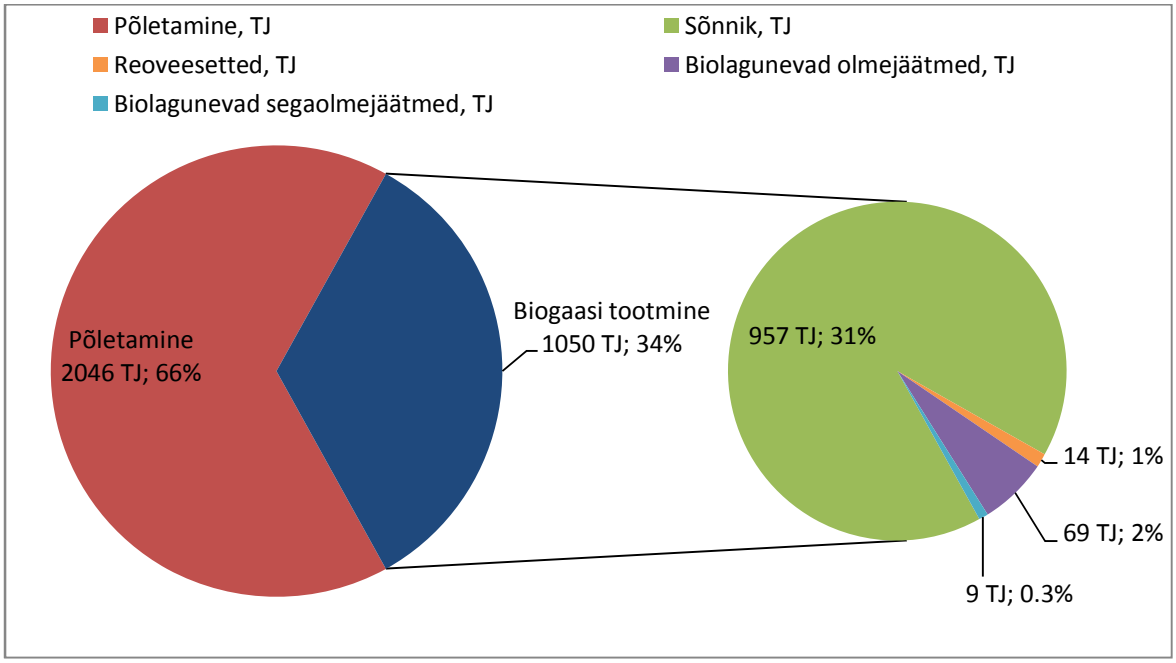
Tabelist on näha, et suur osa jäätmetest tekib Tartu maakonnas, kus on ka kõige suurem energiavajadus. Olukorda, kus kogu tekkiv ressurss ära kasutatakse, pole aga võimalik saavutada. Tehnilis-majanduslikult kasutatava ressursi hinnang on toodud alljärgnevalt.

Tabel 3.21. Lõuna-Eesti regiooni biolagunevate jäätmete kasutatav primaarenergia

Haldusüksus	Puidu-jäätmed, TJ	Põletatavad segaolme-jäätmed, TJ	Sõnnik, TJ	Reovee-setted, TJ	Biolagunevad olmejäätmed, TJ	Biolagunevad segaolme-jäätmed, TJ	Kokku, TJ
Jõgeva maakond	8	3,1	245	-	4,8	0,7	**262**
Põlva maakond	73	3,2	153	-	5,5	0,7	**235**
Tartu maakond	916	24,5	158	7,1	23,3	4,8	**1134**
Valga maakond	166	3,9	85	-	2,4	0,8	**258**
Viljandi maakond	326	6,9	230	3,0	2,3	1,5	**570**
Võru maakond	510	4,0	87	4,1	30,5	0,8	**636**
Lõuna-Eesti regioon	2001	45,7	957	14,3	68,8	9,3	**3096**



Joonis 3.8. Lõuna-Eesti regiooni biolagunevatest jäätmetest potentsiaalselt saadava tooraine primaarenergia sisaldus



Joonis 3.9. Lõuna-Eesti regiooni biolagunevatest jäätmetest saadava tehnilis-majanduslikult kasutatava tooraine primaarenergia sisaldus

3.5. Biomassi tarbimise struktuur

Statistikaameti poolt väljastatavaid kütuste tarbimiste hinnangute täpsust on praktiliselt võimatu kontrollida, kuivõrd maakondade lõikes andmete kogumine pole väga levinud. Kõige suuremaks piiravaks teguriks on MTR registreeringute jälgimine, mis tekitab sageli olukorra, kus ettevõte tootmis- ja tegevusjäljed omistatakse kontori registreerimispiirkonnale. Eesti lõikes taanduvad vead välja, kuid maakondade lõikes võib tekkida erinevaid tulemusi.

Üheks võimaluseks saada kütuste tarbimisandmeid maakondade lõikes on välisõhu saasteloa aruandlus. Kõik üle 300 kW-se võimsusega katelseadmete omanikud peavad omama välisõhu saasteluba. Kuivõrd antud luba on seotud katelseadme asukohaga, on saadavad tarbimisandmeid üsna täpsed (siiski jääb andmete edastamisest/kogumisest tekkiv viga)

Tabel 3.22. Lõuna-Eestis tarbitud kütuste primaarenergia 2011. aastal [35, 36, 37]

	Haldusüksus	Taastuv-kütused, TJ	Fossiilsed kütused, TJ	sh fossiilsed transpordi-kütused, TJ	Kokku, TJ	Taastuv-kütuste osakaal, %
Statistika-ameti andmed	Jõgeva maakond	522	1342	1015	1864	28,0
	Põlva maakond	387	1140	803	1527	25,3
	Tartu maakond	3544	6012	3638	9556	37,1
	Valga maakond	625	841	677	1466	42,6
	Viljandi maakond	1329	2234	1270	3563	37,3
	Võru maakond	1004	881	719	1885	53,3
	Kokku	**7411**	**12 450**	**8122**	**19 861**	**37,3**
Välisõhu saasteluba de aruandlus	Jõgeva maakond	183	285	-	469	39,1
	Põlva maakond	90	404	-	494	18,3
	Tartu maakond	2616	1532	-	4148	63,1
	Valga maakond	570	213	-	784	72,8
	Viljandi maakond	594	429	-	1023	58,1
	Võru maakond	804	143	-	947	84,9
	Kokku	**4858**	**3007**	**-**	**7865**	**61,8**

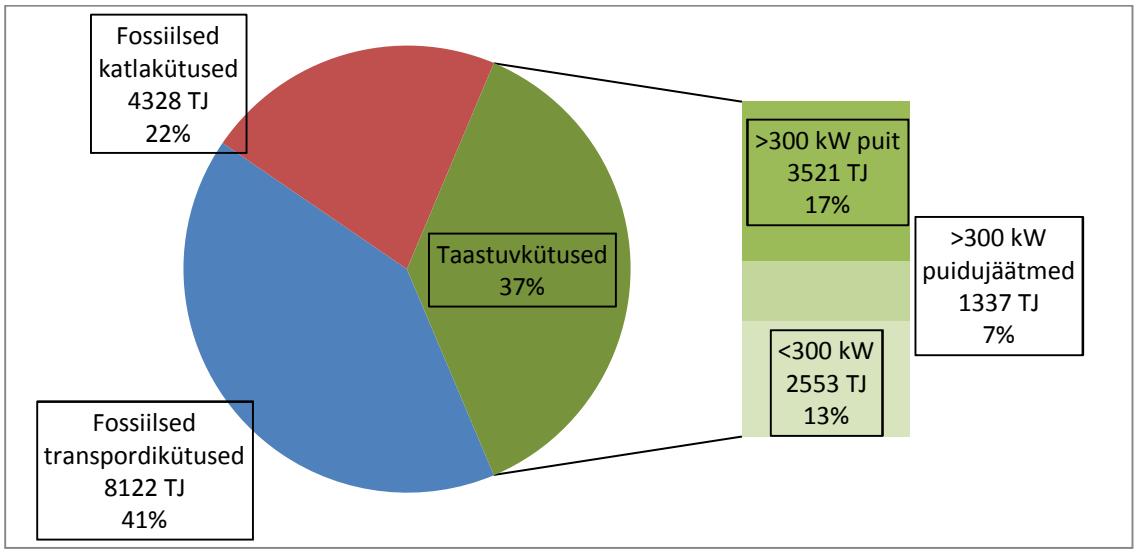
Kuivõrd välisõhu saaste aruandluse kohustus on isikutel või ettevõtetel, kelle katelseadme nimivõimsus ületab 300 kW, siis võib järeldada, et biomass moodustab 62% Lõuna-Eesti suuremate katelseadmete poolt tarbitavast kütusest. Statistikaameti andmetel, mis muuhulgas arvestab ka transpordikütuste tarbimist ning tarbimist erasektoris, on

[35] Täiendatud 2011. aastal lisandunud aruannete abil.

[36] Statistika andmebaas. 2012. www.stat.ee

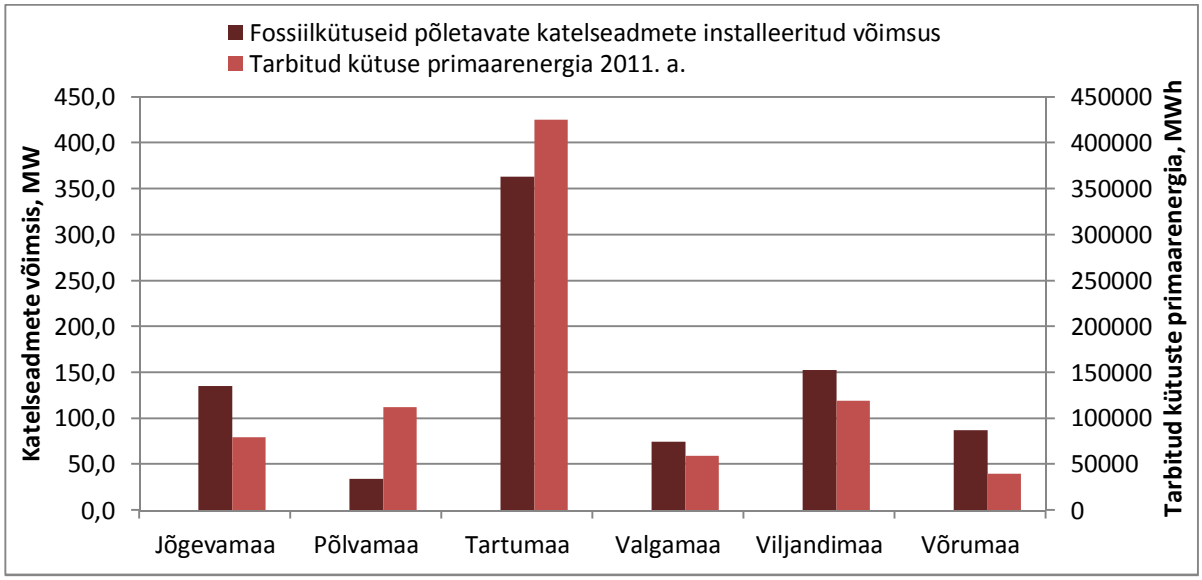
[37] Keskkonnateabe Keskus. 2012. http://www.keskkonnainfo.ee

taastuvkütuste osakaal Lõuna-Eesti regioonis 37%. Jättes arvestamata transpordikütused (mida välisõhu saastelubade aruandluses ei kajastata), saame taastuvate kütuste kasutamise osakaaluks 63%, mis on sarnane välisõhu saastelubade aruandluse põhjal arvutatuga.



Joonis 3.10. Lõuna-Eesti regioonis kasutatavate kütuste struktuur

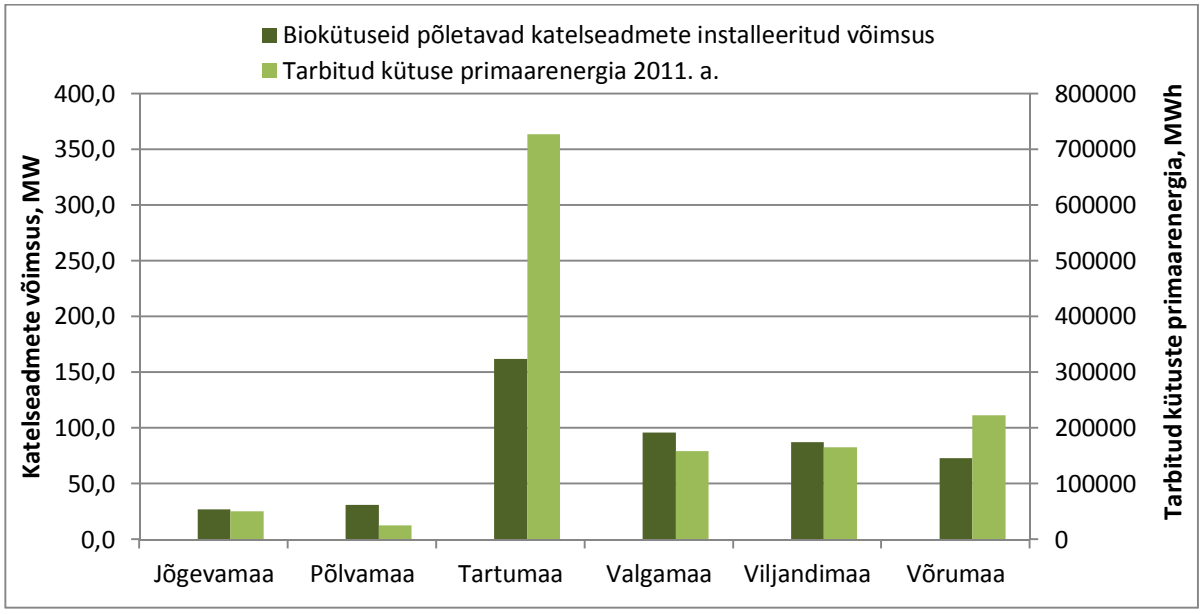
Seega on Lõuna-Eesti biomassi kasutamise osakaal energia tootmises Eesti keskmisega võrreldes suhteliselt heal tasemel. Selle suurendamine on võimalik kasutatavate seadmete efektiivsuse tõstmise abil ja fossiilkütuseid tarbivate katelseadmete välja vahetamisel biokütuseid tarbivate vastu. Lõuna-Eesti regioonis ligi 800 kasutusloaga katelseadet, mille nimivõimsus ületab 300 kW. Katelseadmete installeeritud koguvõimsus ületab 1250 MW[38]. Enamik katelseadmeid on mõeldud fossiilkütuste põletamiseks (joonis 3.11).



Joonis 3.11. Lõuna-Eesti regiooni fossiilkütuseid põletavad >300 kW katelseadmed[38]

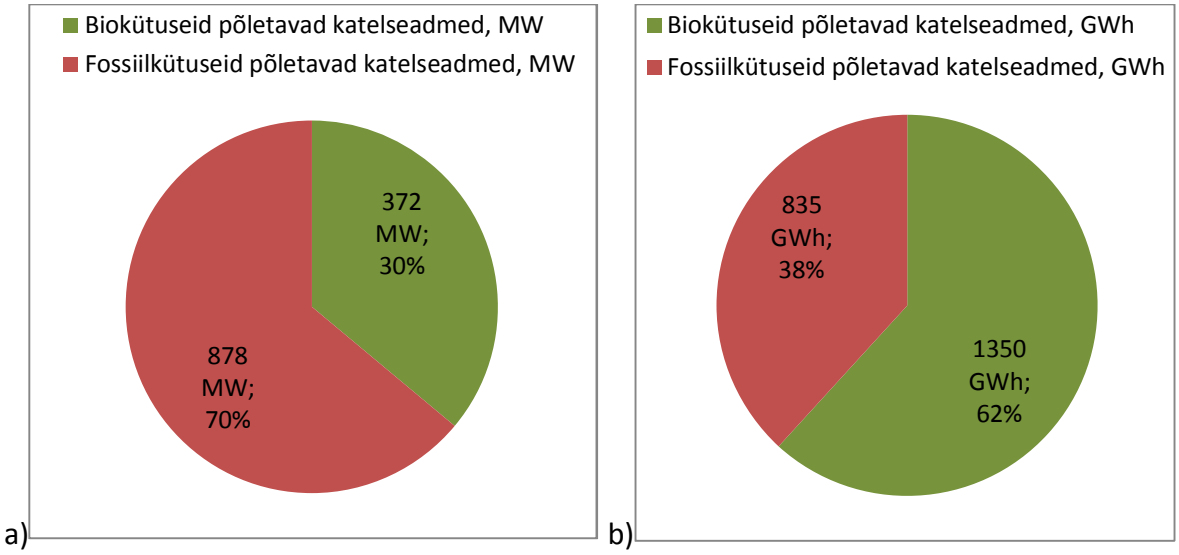
Biokütuseid kasutavaid suuremaid katelseadmeid iseloomustab joonis 3.12.

[38] Kirjalik päring Keskkonnaametile.



Joonis 3.12. Lõuna-Eesti regiooni biokütuseid põletavad >300 kW katelseadmed[38]

Kuigi fossiilkütuste katelseadmeid on rohkem kui biokütustele mõeldud soojusgeneraatoreid, ei kasutata neid nii suures mahus kui biokütuste katelseadmeid (joonis 3.12). Ettevõtetes, kus on nii taastuvaid kui fossiilkütuste põletamisseadmed, kasutatakse eelkõige odavamat puitkütust ning fossiilkütuste katelseadmed on mõeldud tipukoormuste ning rikete ajal kasutamiseks. Siiski on veel ettevõtteid, kus on vaid fossiilkütuste põletamiseks mõeldud soojusgeneraatorid. Nende asendamisel peaks arvestama ka võimalusega vahetada kütuse liiki.



Joonis 3.13. Lõuna-Eesti regiooni katelseadmed ning nendes kasutatavad kütused

Suurte katelseadmete kasutegur jääb enamasti vahemikku 70…90% (kui tegemist ei ole väga vana seadmega), kuid ülejäänud kütuste tarbimine soojusenergia tootmiseks toimub juba väiksemates katelseadmetes.

Puitkütuseid põletavate väiksemate katelseadmete kasutegur regioonis varieerub suure tõenäosusega vahemikus 45...90%, kuna kasutusel on nii vanemaid kui ka uuemaid puitkütuste katelseadmeid. Vanemat tüüpi ahjude kasutegur on 45...65% samal ajal jääb pliitide kasutegur vahemikku 50...70%. Uuemat tüüpi väikekatelseadmed, mis töötavad biomassil, on enamasti kasuteguriga, mis ületab 85%.

Väiksemate seadmete toodangute ning võimsuste kohta otsene statistika hetkel puudub. Varasemates uuringutes leitud energiatarvet eramajapidamistes ning kasutusel olevaid kütuseid kirjeldab alljärgnev tabel (tabel3).

Tabel 3.23. Energiatarve Eesti ühepereelamutes[39]

Parameeter	Ühik	Põlva maakond	Tartu maakond	Võru maakond	Eesti
Elamute keskmine kubatuur	m^3	207.2	260.1	252.4	258.62
Elamute keskmine kasulik pind	m^2	82.5	97.4	99.8	94.72
Keskmine primaarenergia tarve majapidamise kohta		-	-	-	-
ilma elektrita	MWh/a	24.2	23.8	29.3	28.39
koos kütteelektriga	MWh/a				40.15
Keskmine elektritarve majapidamise kohta aastas	MWh/a	-	5.4		4.17
Keskmine primaarenergia kulu aastas		-	-	-	-
elamu mahu kohta	kWh/m^3	124.0	91.3	115.4	109.87
üldpinna koha	kWh/m^2	338.1	244.0	313.9	295.62
Küttepuidu tarve		-	-	-	-
Elaniku kohta	rm/a	-	2.6	-	6.09
majapidamise kohta	rm/a	17.3	9.7	19.6	17.86
Puidu primaarenergia		-	-	-	
elaniku kohta aastas	MWh	-	3.7	-	7.52
majapidamise koha aastas	MWh	24.2	13.6	27.8	24.25

Tabeli põhjal saab järeldada, et Lõuna-Eesti eramute soojusenergiatarve on suhteliselt suur, tulenevalt vanemat tüüpi soojusgeneraatorite kasutamisest.

[39] Eesti Biogaasi Ühing. 2009. Saare maakonna metsade bioenergia ressursid.

LISAD

Lisa A. Töös teostatud arvutuste algeeldused

Tabel A.1. Töös käsitletud kütuste alumised kütteväärtused

Kütuse liik	Kütteväärtus	Ühik
Biogaas	19.8	GJ/(1000·m^3)
Biogaas	5.5	MWh/(1000·m^3)
Elektriliinide alune biomass	10.2	GJ/t
Kännud	7.2	GJ/tm
Küttepuud	12	GJ/t
Küttepuud	7	GJ/tm
Pilliroog	13.68	GJ/t
Pilliroog	3.8	MWh/t
Põhk	14.4	GJ/t
Põllumajanduslikud jäätmed	14.4	GJ/t
Puidugraanulid	16.5	GJ/t
Puiduhake ja puidujäätmed	10.2	GJ/t
Puiduhake ja puidujäätmed	6	GJ/tm
Rohtse biomassi kuivaine	16.8	GJ/t
Freesturvas	7	GJ/t
Tükkturvas	8	GJ/t
Turbabrikett	15	GJ/t
Kerge kütteõli	42	GJ/t
Kivisöebrikett	20	GJ/t
Koksisüsi	29	GJ/t
Maagaas (välja arvatud vedelal kujul)	33	GJ/(1000·m^3)
Muud gaaskütused	46.2	GJ/(1000·m^3)
Muud vedelad jäätmed	11.3	GJ/t
Muud vedelkütused	20	GJ/t
Põlevkivi	8	GJ/t
Põlevkiviõli	39	GJ/t
Raske kütteõli	40	GJ/t
Subbituminoosne süsi	19.3	GJ/t
Tükkturvas	8	GJ/t
Turbabrikett	15	GJ/t
Vedelgaas	45	GJ/m^3

Tabel A.2. Segaolmejäätmete (20 03 01) keskmine teke aastatel 2008…2010 ning potentsiaalne energia toodang[30]

Maakond	Kokku, t	Biolagunevad			Põletatavad	
		Kogus, t[a]	Biogaasi kogus, 1000 m^3	Energia, TJ	Kogus, t[b]	Energia, TJ
Jõgeva maakond	4599	1380	110,4	2,2	823,6	10,4
Põlva maakond	4762	1429	114,3	2,3	852,9	10,8
Tartu maakond	36711	10132	810,6	16,0	8113,1	98,4
Valga maakond	5749	1725	138,0	2,7	1029,7	13,0
Viljandi maakond	10211	3063	245,1	4,9	1828,8	23,1
Võru maakond	5957	1787	143,0	2,8	1066,8	13,5
Lõuna-Eesti regioon	67989	19516	1561,2	30,9	13715,0	169,3

Tabel A.3. Segaolmejäätmete hinnangulised osakaalud

Energiaks väärindamise moodus		Osakaal, massiprotsenti	
		Tartu maakonnas[a]	Ülejäänud regioonis[b]
Biogaasi tootmine		27,60%	30,00%
Põletamine	Puit	0,5%	0,4%
	Paber ja papp	17,1%	17,5%

[a] Segaolmejäätmete liigilise koostisena Tartu maakonnas on kasutatud uuringus „Tartu linna ja Tartu maakonna biogaasi tooraine uuring“[33] leitud keskmisi massiprotsente.

[b] Segaolmejäätmete liigilise koostisena ülejäänud Lõuna-Eesti regiooni maakondades on kasutatud uuringus „Eestis tekkinud olmejäätmete (sh eraldi pakendijäätmete ja biolagunevate jäätmete) koostise ja koguse analüüs“[40] leitud keskmisi massiprotsente..

[40] Säästva Eesti Instituut. Eestis tekkinud olmejäätmete (sh eraldi pakendijäätmete ja biolagunevate jäätmete) koostise ja koguse analüüs. Tallinn, 2008.

Tabel A.4. Biogaasi tootmise toormena kasutatavate jäätmete keskmine teke aastatel 2008…2010 ning potentsiaalne biogaasi toodang[30]

Jäätmetekke kood	Jõgeva maakond, t	Põlva maakond, t	Tartu maakond, t	Valga maakond, t	Viljandi maakond, t	Võru maakond, t	Lõuna-Eesti regioon, t	Biogaasi took, m^3/t	Biogaasi toodang, 1000 m^3	Primaar-energia sisaldus, TJ
02 01 02	837	461	615	223	774	223	3132	180	563,8	11,2
02 01 03	16	207	121	15	50	210	618	100	61,8	1,2
02 02 02	93	206	75	0	26	0	401	180	72,1	1,4
02 03 01	0	429	466	0	0	0	895	35	31,3	0,6
02 05 98	4784	9119	1587	850	0	80329	96668	33	3190,1	63,2
02 07 99	0	0	8130	0	0	0	8130	115	935,0	18,5
20 01 08	433	0	23	0	0	18	474	80	37,9	0,8
20 01 25	146	0	2	1	4	1	154	450	69,3	1,4
20 02 01	42	294	6102	150	569	0	7156	100	715,6	14,2
20 03 04	0	0	9138	3684	0	0	12822	35	448,8	8,9
Kokku	6349	10716	26260	4922	1423	80780	**130451**	**-**	**6126**	**121,3**

Tabel A.5. Põletamiseks kasutatavate jäätmete keskmine teke aastatel 2008…2010 ning potentsiaalne biogaasi toodang[30]

Jäätmetekke kood	Jõgeva maakond	Põlva maakond	Tartu maakond	Valga maakond	Viljandi maakond	Võru maakond	Lõuna-Eesti regioon	Kütteväärtus	Primaarenergia sisaldus, TJ
02 01 07	2	16	1359	1733	32	-	3141	10,2	32,0
03 01 01	117	0	5281	4055	3271	18629	31353	10,2	319,8
03 01 05	335	7593	83743	7160	29632	36647	165109	10,2	1684,1
03 03 01	-	-	143	-	640	-	782	10,2	8,0
15 01 01	241	253	4595	231	470	222	6012	12,7	76,4
15 01 03	23	0	805	241	345	12	1426	10,2	14,5
17 02 01	106	42	1233	4024	804	26	6234	10,2	63,6
19 12 07	0	-	711	626	193	-	1531	10,2	15,6
20 01 38	6	18	811	0	23	-	858	10,2	8,7
Kokku	830	7921	98680	18070	35410	55535	216446	-	2222,8

Tabel A.6. Maakatastris registreeritud katastriüksuste koosseis Lõuna-Eesti regioonis

Maakond	Katastriüksuste arv, tk	Katastriüksuste registreeritud pindala, tuhat ha	Haritav maa, tuhat ha	Looduslik rohumaa, tuhat ha	Metsamaa, tuhat ha	Õuemaa, tuhat ha	Hoonetealune maa, tuhat ha	Muu maa, tuhat ha	Veekogud, tuhat ha
Jõgeva	27825	245	79	14	124	2	0	26	4
Põlva	26629	203	64	14	101	2	0	22	3
Tartu	55255	268	89	20	102	4	1	52	6
Valga	20860	194	53	14	102	3	1	19	4
Viljandi	32748	324	94	17	160	4	1	48	10
Võru	27123	213	60	18	110	3	1	21	5
Lõuna-Eesti regioon	**190440**	**1447**	**438**	**98**	**698**	**17**	**4**	**190**	**31**

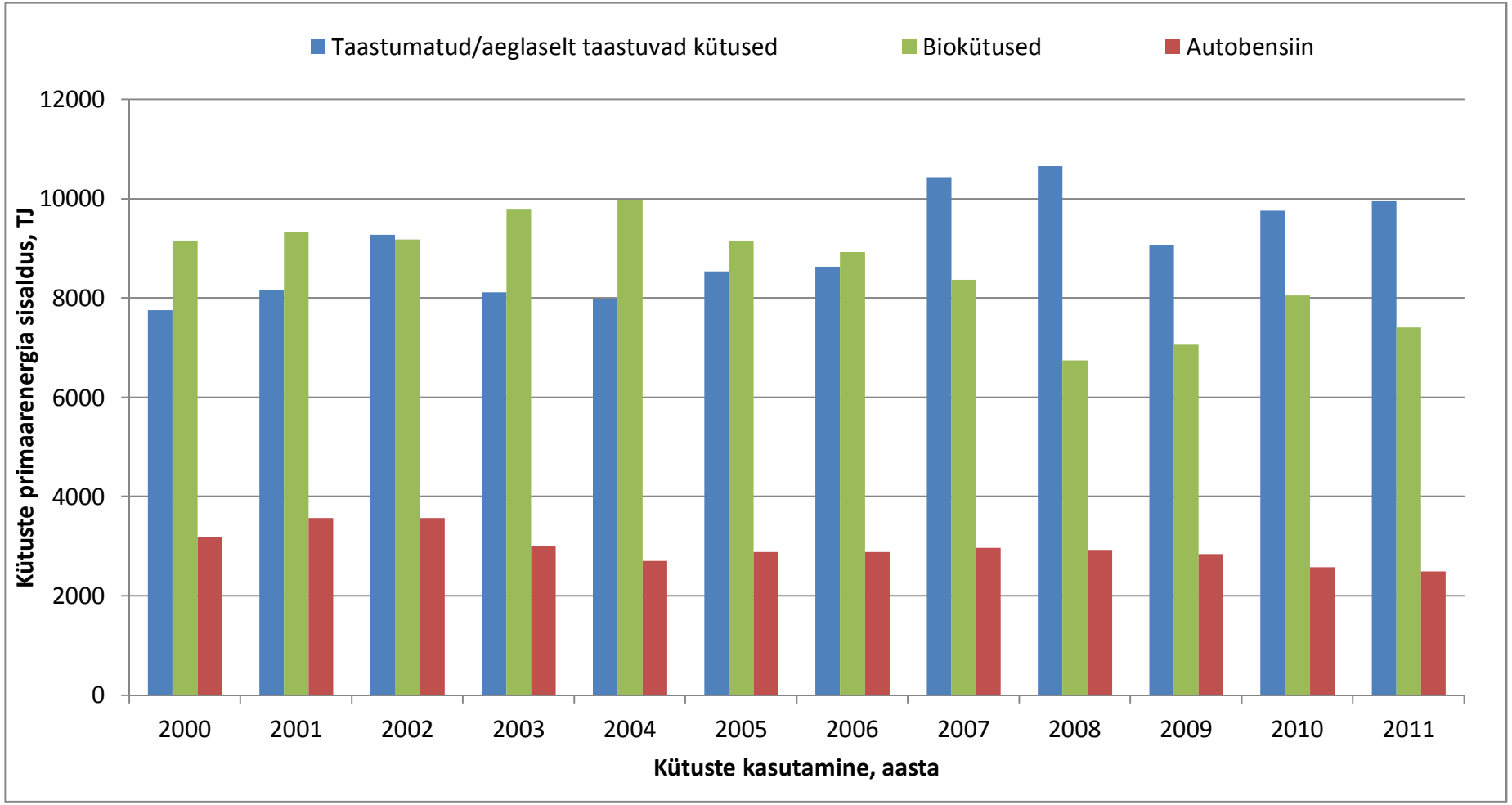
Tabel A.7. Kütuste tarbimine aastal 2011[41]

Haldus-üksus	Kivisüsi, tuhat tonni	Põlevkivi, tuhat tonni	Turvas, tuhat tonni	Turba-brikett, tuhat tonni	Küttepuud, tuhat tm	Puiduhake ja -jäätmed, tuhat tm	Maagaas, miljonit m³	Raske kütteõli, tuhat tonni	Põlevkiviõli, tuhat tonni	Kerge kütteõli ja diislikütus, tuhat tonni	Kerge kütteõli, tuhat tonni	Diislikütus, tuhat tonni	Auto-bensiin, tuhat tonni
Kogu Eesti	69	18739	279	12	1708	2340	632	2	65	646	74	572	261
Jõgeva maakond	0	0	0	0	54	24	5	0	2	19	2	17	7
Põlva maakond	0	0	1	0	39	19	10	0	0	14	0	14	5
Tartu maakond	1	0	167	1	178	383	28	0	2	64	4	60	26
Valga maakond	1	0	3	0	43	54	0	0	1	13	2	11	5
Viljandi maakond	1	0	2	1	75	134	11	0	12	22	2	20	10
Võru maakond	0	0	0	0	38	123	0	0	2	14	2	12	5
Lõuna-Eesti	**3**	**0**	**173**	**2**	**427**	**737**	**54**	**0**	**19**	**146**	**12**	**134**	**58**

[41] Statistikaamet. KE07: Kütuse tarbimine kütuse liigi ja maakonna järgi. http://pub.stat.ee/

Tabel A.8. Biokütuste tarbimine Lõuna-Eesti regioonis 2000...2011[41]

Aasta	Aasta	Ühik	Kogu Eesti	Jõgeva maakond	Põlva maakond	Tartu maakond	Valga maakond	Viljandi maakond	Võru maakond	Lõuna-Eesti
Küttepuud	2000	TJ	11396	735	609	1274	637	931	819	**5005**
	2001	TJ	11228	756	602	1183	707	952	644	**4844**
	2002	TJ	10969	756	581	1190	644	966	644	**4781**
	2003	TJ	11109	805	532	1477	532	1057	623	**5026**
	2004	TJ	11123	805	525	1477	581	1043	532	**4963**
	2005	TJ	11081	805	532	1498	518	980	525	**4858**
	2006	TJ	10682	742	504	1449	525	931	490	**4641**
	2007	TJ	11977	812	546	1645	595	1015	539	**5152**
	2008	TJ	12040	371	266	1260	280	532	273	**2982**
	2009	TJ	12152	378	294	1309	294	539	287	**3101**
	2010	TJ	12782	385	280	1302	301	546	280	**3094**
	2011	TJ	11956	378	273	1246	301	525	266	**2989**
Puiduhake ja -jäätmed	2000	TJ	8622	408	324	1266	618	894	648	**4158**
	2001	TJ	9474	396	240	1692	540	954	672	**4494**
	2002	TJ	9714	420	234	1554	582	930	684	**4404**
	2003	TJ	10458	318	348	1584	792	1020	696	**4758**
	2004	TJ	11244	312	318	1788	822	1032	738	**5010**
	2005	TJ	10530	282	174	1578	732	750	774	**4290**
	2006	TJ	12012	150	156	1680	768	780	750	**4284**
	2007	TJ	9684	198	156	1050	396	630	786	**3216**
	2008	TJ	11358	162	180	1692	306	726	696	**3762**
	2009	TJ	12228	162	174	1758	306	846	714	**3960**
	2010	TJ	15534	192	186	2520	354	936	768	**4956**
	2011	TJ	14040	144	114	2298	324	804	738	**4422**



Joonis A.1. Lõuna-Eesti regioonis kasutatud kütuste primaarenergia sisaldus 2000…2011[41]