ERAMETSAKESKUS

WOOD ENERGY

OÜ Pilvero

Kohalike biokütuste tootmisvõimalused Hiiumaal

◊

Production opportunities of local bio-fuels in Hiiu County

KÄRDLA-TALLINN

2012

CENTRAL BALTIC INTERREG IV A PROGRAMME 2007–2013

EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE

SISUKORD

SISUKORD 2

Sissejuhatus 3

1. Mõisted 4

2. Kohaliku biomassi ressurss ja selle kasutuselevõtmise hinnang 4

3. Perspektiivsete biokütuste lähteallikate kasutusele võtmise tingimused 8

4. Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohaliku biomassi biokütusteks vääristamiseks 9

4.1. Puitbrikett 9

4.1.1. Briketitootmise seade 11

4.2. Puitpelletid ja torrefitseeritud pelletid 13

4.2.1. Pelletitootmise seade 14

4.2.2. Torrefitseeritud pelletid 16

4.2.3. Torrefitseeritud pelletite tootmisseade 17

4.3. Puittolm 18

4.4. Lisavõimalused puidust vääristatud biokütuste tootmiseks 18

4.5. Biokütuste energeetiline kasutus 18

4.6. Võimalik alternatiiv – vääristatud biokütuse tootmine looduslikelt kooslustelt, märgaladelt ja püsirohumaadelt pärit biomassist (rohtne biomass) 20

5. Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektrienergia tootmiseks 23

6. Toodetava tahke biokütuse võimalikud tarbijad ja nende tarbimismahud Hiiumaal ning mujal . 26

7. Parima asukoha valik biokütuste tootmiseks Hiiumaal, riskid 27

8. Üldinfo Hiiumaa puidutööstuse ettevõtetest 28

9. Järeldused ja soovitused 28

10. Kasutatud kirjandus 30

Sissejuhatus

Ülevaatliku uurimis-arendustöö „Kohalike biokütuste tootmisvõimalused Hiiumaal“ eesmärgiks on esitada teavet Hiiumaa metsaressursist koos selle kasutusele võtmise hinnangu, tingimuste, peamiste tehnoloogiliste võimaluste ja turustamise nüanssidega. Täiendavalt on töös välja toodud alternatiiv metsaressursile tuginevale biokütuste tootmisele ehk on näidatud kohalikust rohtsest biomassist biokütuste tootmisvõimalusi. Lähtudes Hiiumaa biomassi ressurssidest ja energia tarbimisest, on aruandes kajastatud ka võimalikud sobivaimad tehnoloogilised lahendused, tootmaks kohalikust biomassist soojust ja elektrit. Töö koostamisel on arvestatud autorite varasemaid kogemusi, teisi sarnaseid ülevaate uuringuid, mitmete konsultantide hinnanguid ja soovitusi.

Uuringus ei peetud põhjendatutuks ega mahuliselt võimalikuks kasutada peale ametliku statistika muid andmeid (nt spetsiaalselt ettenähtud ja vastava metoodika alusel koostatud küsitluste tulemusi, raiemahtude uuringuid ja analüüse jms) biomassi ressursside olemasolu ja kasutuse määramiseks (v.a A. Padari teoreetilise raiemahu hinnang).

Antud aruanne on valminud SA Erametsakeskus tellimusel ja seda on osaliselt rahastatud ELi Interreg IVA (Central Baltic) projektist Wood Energy and Cleantech. Töö valmimisel osalesid Ülo Kask ja Triin Aavik OÜst Pilvero ning Allar Padari EMÜst.

Täname Hiiumaa ettevõtjaid ja spetsialiste igakülgse kaasabi ja asjalike märkuste eest.

1. Mõisted

Biomass (*biomass*) – bioloogiliselt lagunev orgaaniline materjal, mis pärineb loodusest, põllumajandus- (sh taimsed ja loomsed ained), metsandus- ja nendega seotud majandusharude toodetest, kõrvalsaadustest, jääkidest, jäätmetest ning tööstus- ja olmejäätmetest.

Puitpõhine biomass (*woody biomass*) – puudest või põõsastest pärinev biomass, kusjuures biomass võib olla saadud otse metsast või istandusest (nn energiametsast), metsa- ja puidutööstuse jääkidest või olla korduvkasutatud puit.

Taimne (ehk rohtne) biomass (*plant based biomass*) – taimedest pärinev biomass.

Biokütus *(bio-fuel)* – tahke, vedel või gaasiline kütus, mida toodetakse biomassist.

Vääristamata biokütus – biokütus, mida töötlemise käigus on vaid peenestatud või pakitud, kuid mille mehhaanilised ja füüsikalis-keemilised omadused on jäänud muutmata.

Vääristatud biokütus – biokütus, mida on mehaaniliselt või keemilis-füüsikaliselt töödeldud ja mille omadused on seeläbi muutunud (nt küttevääртus on suurenenud).

Puitkütus (*wood fuel*)- puudest (puitmaterjalist) saadav kütus.

Puitbrikett (*wood briquette*) – peenestatud puidust valmistatud biokütus ja mis on kokku pressitud ümarateks või kandilisteks ühikuteks.

Puitpellet ehk -graanul (*wood pellet*) – peenestatud puidust toodetud biokütus, mis on kokku pressitud peenikesteks ümarateks (~4-12 mm läbimõõduga) pulgakesteks.

Elektri ja soojuse koostootmine (*combined heat and power production*) – energia tootmise viis, kus ühe protsessi käigus genereeritakse nii soojust kui ka elektrit.

Primaarenergia (*primary energy*) – energia, mida tarbitakse teisteks energialiikideks muundamata ehk mida leidub looduses ja saab vahetult kasutada.

2. Kohaliku biomassi ressurss ja selle kasutuselevõtmise hinnang

Eesti maakondadest kõige suurema metsasuse protsendiga on Hiiu maakond (70,9 % kogu saare pinnast, vt tabel 1), kus hinnanguliselt on metsa 72 600 ha, millest korraldatud metsamaad on 47 900 ha (www.keskkonnainfo.ee andmetel). Paraku on metsa juurdekasv antud piirkonnas väga madal (vaid 3,6 %), mis on peamiselt tingitud metsamaade liigniiskusest ja väheviljakast pinnasest.

Tabel 1. Maakondade metsamaa pindala ja tagavara (2010. aasta seisuga)

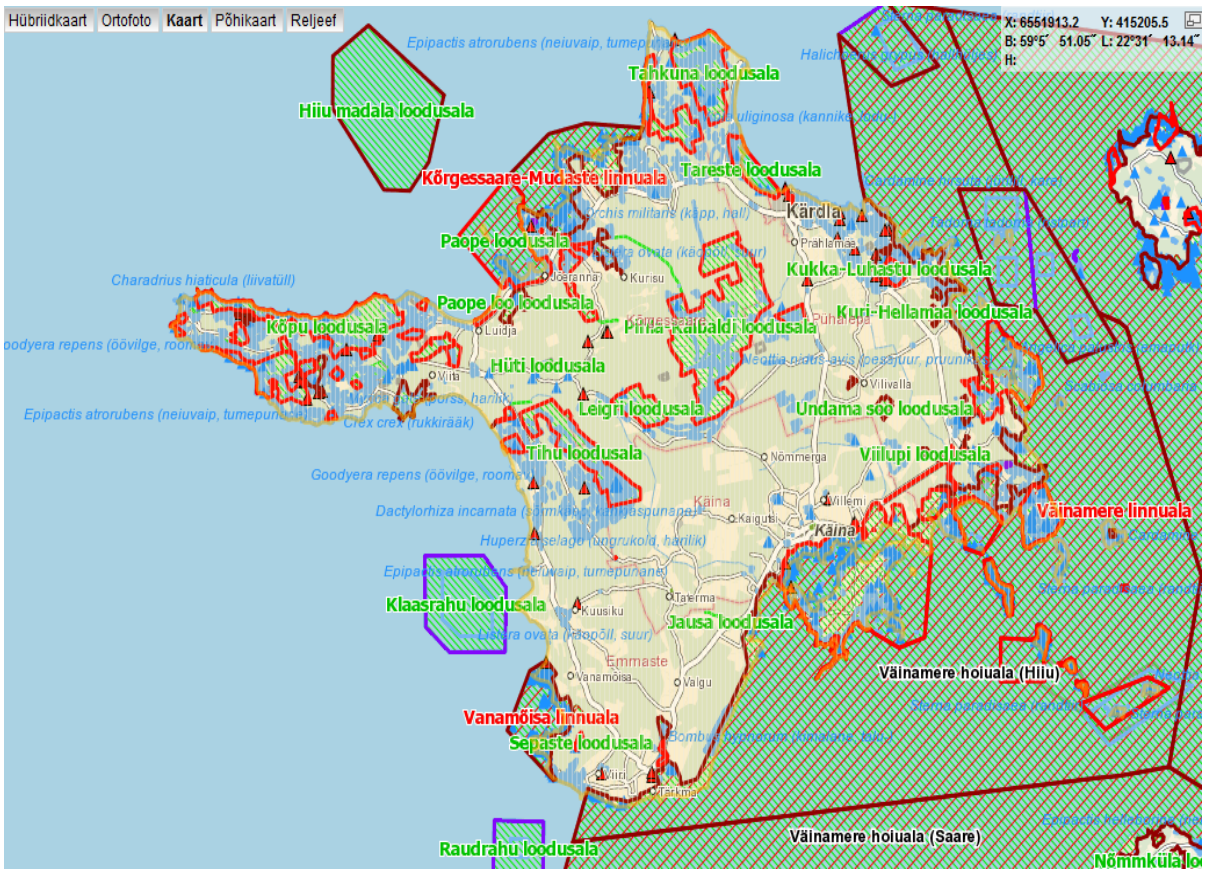
Maakond *County*	Üldpindala *Total area*		Metsamaa pindala *Forest land area*		Metsasus *Forest coverage %*	Satelliitpilt* *Satellite image**		Metsamaa tagavara *Growing stock*		
	1000 ha	%	1000 ha	%		1000 ha	%	1000 m^3	%	m^3/ha
Harju	433,3	9,9	223,2	10,1	51,5	222,0	51,2	44 046,9	9,6	188,4
Hiiu	102,3	2,3	72,6	3,3	70,9	68,3	66,7	16 276,6	3,6	218,7
Ida-Viru	336,4	7,7	196,3	8,9	58,4	185,2	55,1	38 616,9	8,4	195,9
Jõgeva	260,4	6,0	130,8	5,9	50,2	127,9	49,1	26 734,6	5,8	206,1
Järva	262,3	6,0	127,3	5,8	48,5	122,6	46,7	23 620,4	5,2	172,6
Lääne	238,3	5,5	103,9	4,7	43,6	112,2	47,1	17 340,0	3,8	161,3
Lääne-Viru	346,5	7,9	166,6	7,5	48,1	173,9	50,2	33 903,0	7,4	193,4
Põlva	216,5	5,0	117,3	5,3	54,2	95,7	44,2	26 833,9	5,9	230,6
Pärnu	480,6	11,0	242,7	11,0	50,5	243,5	50,7	52 661,9	11,5	210,5
Rapla	298,0	6,8	155,6	7,0	52,2	155,6	52,2	31 905,8	7,0	199,7
Saare	292,2	6,7	160,4	7,3	54,9	154,1	52,7	32 408,9	7,1	197,9
Tartu	308,9	7,1	117,5	5,3	38,0	112,0	36,3	26 074,1	5,7	203,1
Valga	204,7	4,7	116,8	5,3	57,1	106,8	52,2	26 234,8	5,7	215,7
Viljandi	358,9	8,2	168,1	7,6	46,8	166,2	46,3	35 143,4	7,7	203,9
Võru	230,5	5,3	112,9	5,1	49,0	111,8	48,5	26 646,5	5,8	241,4
Kokku/*Total*	4 369,8	100,0	2 212,0	100,0	50,6	2 157,8	49,4	458 447,6	100,0	201,4

* Eesti metsakaart koostatuna satelliidi Landsat Thematic Mapper piltidest (Urmas Peterson)
Estonian forest map compiled using images of satellite "Landsat Thematic mapper" (Urmas Peterson)
Allikas: Keskkonnateabe Keskus, SMI 2010 *Source: Estonian Environment Information Centre, NFI 2010*

Puuliikidest valitseb Hiiumaa metsades mänd, järgnevad kask ja kuusk. Vähesemal määral leidub sangleppa, haaba, saart, halli leppa ja tamme. Puistute keskmiseks vanuseks on riigimetsas 83-aastat ja erametsas 64-aastat (www.keskkonnainfo.ee andmetel).

Metsanduses keskendutakse üha rohkem ökonoomsele majandamisele ja metsa kui ökosüsteemi kaitsele, mille eesmärgiks on looduse säilitamise seisukohalt oluliste alade kasutamise majanduslik piiramine. Hiiu maakonnas on 7 looduskaitseala, 9 maastikukaitseala ja 8 kaitsealust parki (joonis 1), mis kõik kokku moodustavad 23,75 % kogu metsamaast. Lisaks sellele on veel vääriselupaiku, mis moodustavad 1,95 % kogu metsamaast. Kaitstavate loodusobjektide piirangud majandustegevuseks on erinevad ja nendega on võimalik tutvuda järgmiste infokanalite kaudu:

- Maa – ameti Geoportaal (http://geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html),
- Keskkonnaministeerium (http://www.envir.ee/628),
- Keskkonnainfo (http://www.keskkonnainfo.ee/main/index.php),
- Eesti Looduse Infosüsteem (http://loodus.keskkonnainfo.ee/webeelis/infoleht.aspx?type=artikkel&id=-164545161).



Joonis 1. Kaitstavad loodusobjektid Hiiumaal (Maa - ameti info)

Metsaressursi kasutuselevõtmise riskidena on peale metsa madala juurdekasvu olulised veel konkurents metsatööstuses (st milleks on majanduslikult otstarbekam puitu kasutada ehk puitbiomassi vääristada), nõudluse piisav olemasolu ja hinnad (toore, tööjõud, kütus, toodang jm). Oluliseks teguriks on ka ilmastikuolud, pehme talvega on rasketehnikaga metsa pääsemine probleemne või üldse võimatu.

Logistilises plaanis on kindlasti mõningaks probleemiks mereline eraldatus (kui biomassist toodetavaid biokütuseid eksportima hakata), lisaks muudab see biokütuse hinna tarbija jaoks mõnevõrra kallimaks (Lääne-Euroopasse eksportimisel väljavedu Lehtma sadamast omab mõne sihtpunkti puhul väikest eelist, sest vahemaa on lühem nt kui võrrelda väljavedu Pärnu või Paldiski sadamatest). Hiiumaa siseselt pole probleeme metsamaterjali veokaugusega (vahemaad ei ületa üldjuhul 30 km), kuid logistiliselt tekitab kohati probleeme (metsa)teede vähesus ja nende suhteliselt kehv seisukord (on reaalne oht, et puiduressurss võib jääda metsa mädanema).

2011. aastal olid Hiiumaa koguraie mahud Eesti Statistikaameti andmetel (info: http://www.stat.ee/ee) keskmiselt riigimetsamaal ~68 300 m^3/a ja erametsamaadel ~113 000 m^3/a. Täpsem ülevaade Hiiumaa raiemahtudest viimase kolme aasta (2009-2011) kohta on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Hiiumaa raiemahud aastatel 2009-2011

		Riigimetsamaa				Erametsamaa	
		Raiepindala, ha	Raiemaht, m³	..likviidne puit, m³	..küttepuud, m³	Raiepindala, ha	Raiemaht, m³
2009	**Koguraie**	**658**	**56344**	**45933**	**7523**	**971**	**74531**
	Uuendusraie	174	40220	35911	5027	419	62262
	..lageraie	163	40180	35875	5022	418	62081
	Valikraie	0	0	0	0	2	34
	Hooldusraie	477	15189	9202	2197	516	9919
	..valgustusraie	206	2468	0	0	100	193
	..harvendusraie	253	12590	9087	2090	283	8497
	..sanitaarraie	18	131	115	107	133	1229
	Muu raie	6	936	821	299	35	2316
2010	**Koguraie**	**716**	**71440**	**59089**	**7248**	**1458**	**141686**
	Uuendusraie	196	51248	45757	4681	735	122924
	..lageraie	196	49566	44255	4426	722	122282
	Valikraie	0	0	0	0	1	30
	Hooldusraie	512	19444	12676	2338	701	16354
	..valgustusraie	221	2647	0	0	144	720
	..harvendusraie	280	16701	12591	2266	456	14534
	..sanitaarraie	12	97	85	71	101	1100
	Muu raie	8	748	656	230	22	2378
2011	**Koguraie**	**820,2**	**77154**	**62859,6**	**6694,5**	**1259,1**	**121587**
	Uuendusraie	202	48488,4	43293,2	4772,4	623	106931
	..lageraie	190,1	47355,2	42281,4	4651	609,4	106191
	Valikraie	0	0	0	0	0	0
	Hooldusraie	594,5	26070,7	17290,2	1831,1	590,7	12594
	..valgustusraie	212,1	2544	0	0	104,1	228
	..harvendusraie	363	23373,1	17155,4	1715,5	400	11361
	..sanitaarraie	19,4	153,7	134,8	115,6	86,6	1005
	Muu raie	23,7	2594,9	2276,2	91	45,4	2062

Tabelis 3 on esitatud Hiiu maakonna aastane hinnanguline teoreetiline raiemaht (tm/a) kohalike omavalitsuste kaupa. Täiendavalt on alljärgnevas tabelis välja toodud energiaühikule teisendatud küttepuu ja kütteks sobivate raiejäätmete kogused.

Tabel 3. Aastane hinnanguline teoreetiline raiemaht kohalike omavalitsuste kaupa (A. Padari)

KOV	Tüvemaht kokku	Jämepalk	Peenpalk	Paberipuu	Küttepuu	Raie-jäätmed	Kännud
Emmaste, tm/a	61 121,79	15 186,85	7 947,11	17 340,26	6 465,65	8 673,74	2 488,5
Käina, tm/a	45 075,82	10 616,01	5 825,09	13 012,45	5 035,27	6 506,47	1 714,58
Kärdla, tm/a	8,59	2,49	1,02	2,35	0,79	1,18	0,39
Kõrgessaare, tm/a	97 900,99	24 953,27	13 637,5	27 507,37	9 211,83	13 854,82	4 558,19
Pühalepa, tm/a	66 704,24	16 789,47	8 858,58	18 734,81	6 911,24	9 456,46	2 925,86
Kokku, tm/a	**270 811,43**	**67 548,09**	**36 269,3**	**76 597,24**	**27 624,78**	**38 492,67**	**11 687,52**
			Energiaühikule teisendatuna, MWh		**55 249,56**	**73 136,07**	**22 206,29**
			Kokku, MWh		**150 591,921**		

Hiiumaa viimaste aastate keskmine raiemaht on olnud ~200 000 tm/a, sh küttepuud ~18 000 tm/a ja raiejäätmed 18 000 tm/a (osa raiejäätmetest jääb tõenäoliselt metsa metsaveomasinate liikumise tagamiseks ja huumuse taastootmiseks). Statistikaameti andmeil tarbitakse küttepuid keskmiselt 10 500 tm/a (tabel 4) ja kohalikes puidutööstustes tekib puitjäätmeid 4 000 tm/a, mida

kasutatakse tõenäoliselt kogu mahus kohalike ettevõtete või eraisikute poolt küttematerjalina. Teoreetiline küttepuude raiemaht on 27 600 tm/a ja raiejäätmete maht ~38 500 tm/a, mis teeb kokku 66 100 tm/a ehk primaarenergiana ~132 000 MWh/a. Kui eelnevast kogusest võtta maha eeltoodud küttepuude raiemaht ning raiejäätmete ja puidutööstuse jäätmete hulk, jääb järgi nn vaba kütust (millest annab toota puitpõhiseid biokütuseid) hinnanguliselt kuni 26 000 tm/a ehk primaarenergiana 54 000 MWh/a. Siinkohal ei arvestata kändudega, sest nende koristamist Hiiumaal praktiliselt ei toimu ja energeetilist kasutust ei planeerita (kõne alla võiks tulla kuusekändude koristamine lageraielankidel).

Tabel 4. Puitkütuste tarbimine Hiiumaal 2009-2011 (info: http://www.stat.ee/ee)

Maakond	Aasta	Küttepuud, tuhat tm	Hakkpuit ja puitjäätmed, tuhat tm
Hiiu maakond	2009	11	4
Hiiu maakond	2010	11	4
Hiiu maakond	2011	10	4

3. Perspektiivsete biokütuste lähteallikate kasutusele võtmise tingimused

Eestis kasutatakse biomassist kõige laialdasemalt puittaimedest saadavaid kütuseid (halud, hake, pelletid, briketid jne), teisteks biokütuste liikideks on põllumajandusjäätmed (põhk, sõnnik) ja biogaas (reoveepuhastite muda, prügilad). Ülejäänud ressursid leiavad vähe kasutust või on üldse kasutamata jäetud (nt kiirekasvulised rohttaimed, heintaimed, pilliroog).

Hiiumaal on perspektiivi tahke biokütuse lähteallikana eelkõige puidul (Hiiumaal on ressurssi piisavas koguses). Alternatiivi võivad pakkuda nii looduslikelt kooslustelt ja märgaladelt ning püsirohumaadelt niidetav biomass kui ka põllumajandusjäätmed, kuid see eeldab esmalt põhjalike uuringute läbiviimist (ressursi piisavus, saagikus, kättesaadavus jne). Kirjanduse andmetel (Roostike strateegia Väinamere piirkonnas 2008-2018) on Hiiumaal reaalne koristada pilliroogu umbes 400 ha aastas, millest osa sobib ehitusmaterjaliks, kuid jääke ja jäätmeid saab teoreetiliselt kasutada lisandina puitpelletite tootmisel. Eelnimetatud pinnalt aastas kogutud pilliroo primaarenergiasisaldus on keskmise kuivaine saagikuse 7,9 t/ha juures ~15 000 MWh/a (kuivaine küttevääртus 4,9 MWh/t). Hiiumaa põllumajanduse andmetel tekib teravilja koristusest hinnanguliselt 2000 t põhku, millest hinnanguliselt saab 700-1000 t energeetilistel eesmärkidel kasutada (nt käitada põhukatlaid võimsusega ~300 – 400 kW või lisada purustatud põhku puidu hulka ja/või toota pelleteid/brikette), mis teeb primaarenergiana 2800-4000 MWh/a (niiskuse sisaldusega 15-18 % ja tarbimisaine küttevääртusega ~4 MWh/t).

Puidust ja rohtsest biomassist on võimalik toota nii vääristamata kui vääristatud tahkeid biokütuseid. Vääristamata puitkütusteks on küttepuit (puuhalud), pressitud puitjäätmed, hakkpuit ja saepuru. Vääristatud puitkütusteks on brikett, pelletid, puittolm ja puusüsi. Vääristatud puitkütusteks võib lugeda ka puidust bio-keemilise ja termo-keemilise töötluse tulemusel saadavaid tahkeid (ligniin), vedelaid (bioetanool, biodiislikütus jm) ja gaasilisi kütuseid (puugaas).

Puitpõhiseid biokütuseid on võimalik toota ja kasutusele võtta, kui on:

- olemas piisavas koguses metsaressurssi ja selle raievõimalused;
- olemas vastav tehnoloogia biokütuste tootmiseks ja transportimiseks;
- olemas nõudlus toodetava biokütuse järele.

Nõudluse täpseks kindlakstegemiseks on oluline viia läbi turu-uuring. Hinnanguliselt saab väita, et Hiiumaal aga ka mujal Eestis on nõudlust eelkõige küttepuidu (kodumajapidamised), hakkpuidu ja puitjäätmete (Hiiumaal nt olemasolev Kärdla katlamaja, biomassil töötavad katlamajad ja koostootmisjaamad) järele. Lisaks eelnimetatud kütustele kasutatakse Eestis veel puitpelleteid (kodumajapidamised, väikese võimsusega katlamajad/koostootmisjaamad) ja – brikette (kodumajapidamised).

4. Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohaliku biomassi biokütusteks vääristamiseks

Kuna Hiiumaal on perspektiivne tahke biokütuse allikana eelkõige puit (looduslikelt kooslustelt ja märgaladelt ning püsirohumaadelt niidetav biomass on väheuuritud alternatiiv), keskendutakse antud töös peamiselt vääristatud puitkütustele (brikett, pelletid). Vääristatud puitkütuste tootmine on Hiiumaa puidutööstusettevõtete (sh kohalikud saeveskid, mööblitootjad, väikelaevaehitus) jaoks majanduslikult kasulik võimalus vabaneda tööstuslikest puitjäätmetest ja teenida lisa uute toodete müügist. Sobilike seadmete valik, millede pakkujaid leidub üle maailma, sõltub kasutatava toormaterjali omadustest ja selle kogusest, aga ka sise- ja välismaisest nõudlusest vastava biokütuse järele. Eelnimetatud kriteeriumite alusel esitatakse võimalike sobivate seadmete kohta üldinfo.

4.1. Puitbrikett

Puitbriketi tootmisprotsess on kirjeldatav järgnevate etappidena:

- puitmassi kuivatamine (kuivatis on vaja kuivatada jäätmeid, mille suhteline niiskus on üle 15 %);

- puitmassi purustamine ja peenestamine enne pressimist, et briketi kvaliteet ja põlemisomadused oleksid ühtlasemad (purustamisseadmes on vaja purustada ja peenestada jäätmeid, mis puidu töötlemise käigus pole muutunud briketi pressimiseks sobivasse mõõtu);
- purustatud ja peenestatud kuiv puitmass suunatakse pressi toormepunkrisse;
- puitmassi mehaaniline või hüdrauliline pressimine läbi koonuste, pressimise käigus puitmass kuumeneb, kuumenev ligniin ja vabanevad vaigud seovad massi kokku, mis annab briketile piisava tugevuse (joonis 2);
- brikettide jahutamine ja pakkimine (oluline on takistada õhuniiskuse juurdepääsu ja vältida seeläbi brikettide paisumist, lõhenemist ning murenemist).

Tooraine kuivatamine toimub kuivatis (kui on vajalik) ja purustamisseadmeid kasutatakse materjali peenestamiseks. Oluline on toorme suhtelise niiskuse ülempiir ~15%. Kui otsustatakse tellida oma toorainele vastav (võib olla ka nt kuiv saepuru, höövlilaast, mis ei vaja kuivatamist ega purustamist) ja soovitud tehnoloogilise täiusega seade (toorme mahutid, etteande-/sööteseadmed jms) ja esitada see pakkumine firmadele, alles siis saab teada antud hetke reaalsed hinnad. Seetõttu ei ole antud töös välja pakutud ka mingit konkreetset tehnoloogilist ahelat koos seadmetega, sest pole konkreetset projekti. Kuna konsultandi küsimiste peale ükski firma seadmete rahalisi andmeid reeglina ei edasta, ei olnud ka meil võimalik kasutada muid, kui firmade kodulehekülgedel avaldatud hindu. Samuti on taustana kasutatud Eestisse juba muretsetud seadmete hindu, kuid need on reeglina üksikseadmed ja erinevatelt ettevõtetelt tellitud/hangitud (sageli varem kasutatud). Tervete tehnoloogiliste komplekside (nt pelletitootmise tehas) hindu (ka ekspluatatsioonikulusid) saada ei ole reeglina võimalik, kui keegi just selle äsja soetanud ettevõte oma soetushinna avalikustab ja teine tellib kohe sarnase tehase, siis võivad hinnad kattuda. Seetõttu on ka äriplaanide koostamine veidi ebamääraste hindade korral riskantne, kuid näitab seda, kas asjaga on mõtet edasi tegelda, või on vastav teema tänase päeva kontekstis välistatud.

Joonis 2. Puitbriketi tootmine (http://www.purutuli.ee/index.php?cat=lmenu&page=4&lang=1)

4.1.1. Briketitootmise seade

Puitbriketi turustamine on piiratud tänu madalale nõudlusele (nii Hiiumaal kui ka mujal Eestis, vt tabel 9), seega jääb see pigem alternatiiviks pelletite kõrvale. Puitbriketi kasutamine peamiselt kodumajapidamises ahju-, kamina- ja pliidikütusena on seotud esmalt asjaoluga, et selle kasutamise mehhaniseerimine ja automatiseerimine teeksid selle kaugkütte katlamajade ja lokaalkatlamajade kütusena liiga kalliks. Puitbriketti kasutavad paljud suvilate ja maakodude omanikud, kes saavad seda hõlpsalt osta bensiinijaamadest või suurematest kaubanduskeskustest ja kes vajavad puitbrikette aasta jooksul suhteliselt väikestes kogustes ega pea neid eriti kalliks. Küttepuude varumine võib neile rohkem tüli teha. Seega hinnanguliselt on Hiiumaal majanduslikult otstarbekas toota puitbrikette vaid kohalikele tarbijatele ja sedagi minimaalses mahus.

Näiteks AS AGROSILVA (http://www.agrosilva.ee/index.php?lang=est&main_id=31) pakub Itaalia firma NAZZARENO hüdraulilisi puitbriketipresse, millede andmed on toodud tabelites 5 ja 6. Antud juhul on sobilik valida madalaima tootlikkusega seade OL:D 52 (tootlikkus 30-50 kg/h, joonis 3), mille orienteeruv hind jääb 17 000 euro piiresse.

Tabel 5. Kompaktsed pressid

Mudel	Tootlikkus	Briketi läbimõõt	Võimsus	Gabariidid	Seadme kaal	Mahuti läbimõõt
	kg/h	mm	kW	mm	kg	mm
OL:D 52	30 - 50	50	5,5	1270x1750x1540	960	900
OL.D 62	50 - 70	60	9	1270x1750x1540	1270	900
OL.D 72	70 - 100	70	12,5	1270x1750x1540	1600	900
OL.D 82	150 - 200	70	25,5	2100x3250x1540	2400	1500

Tabel 6. Standardsed pressid

Mudel	Tootlikkus	Briketi läbimõõt	Võimsus	Gabariidid	Seadme kaal	Mahuti läbimõõt
	kg/h	mm	kW	mm	kg	mm
OL.D 101	40 - 50	60	5,5	1425x1835x1350	700	1200
OL.D 201	60 - 80	60	10,5	1790x2165x1500	1000	1500
OL.D 201 M	120 - 150	70	14,5	1200x2415x1500	1200	1500
OL.D 301	200- 300	80	25,5	1900x1485x3000	2000	1050
OL.D 401 V60	400 - 500	70	45	1800x1800x2800	3800	950
OL:D 501 V60	500 - 600	80	60	1800x1800x2800	4200	950

Joonis 3. NAZZARENO kompaktne briketipress OL:D 52

4.2. Puitpelletid ja torrefitseeritud pelletid

Puitpelleti (ehk puitgraanuli) tootmisprotsess on kirjeldatav järgnevate etappidena:

- puitmassi kuivatamine (kuivatada on vaja puitmassi, mille suhteline niiskus on üle 15%);
- puitmassi purustamine ja peenestamine enne pressimist;
- purustatud ja peenestatud kuiv puitmass suunatakse pressi toormepunkrisse;
- 2-3% auru (massi järgi) juhtimine puitmassi enne matriitsi juhtimist ligniini sulatamiseks (vajadusel, iga seadme ja puidu liigi puhul ei ole vajadust),
- puitmassi pressimine läbi matriitsi (joonis 4);
- pelletite (keskmiselt 5-12 mm läbimõõduga pulgakesed) jahutamine ja pakkimine (sarnaselt briketile, ka pelletite puhul on oluline takistada õhuniiskuse juurdepääsu).

Joonis 4. Pelleti matriits (http://www.pelletpress.com/About-SPC.htm)

4.2.1. Pelletitootmise seade

Puitpelletite tootmine on kõige suurema perspektiiviga. Puitpelletite järgi on hinnanguliselt nõudlust nii Hiiumaal (nt Hiiumaale rajatav konteinertüüpi ~100 kW_{el} võimsusega soojuse ja elektri koostootmisjaam võib pelletitel töötamise korral vajada aastas ~900 tonni pelleteid, lisaks veel kodumajapidamiste vajadused) kui ka mujal Euroopas. Soome kogemustele tuginedes, on puitpelleteid otstarbekas ja lihtsam turustada suuremates kogustes. Tööstusettevõtetel on hinnanguliselt tasuvuse alumiseks piiriks tootlikkus kuni 10 000 t/a ja omatarbeks tootjatel (nt talunikud, väikesed puidutööstused) kuni 300 kg/h (kokku 3 000 kuni 5 000 t/a).

Näiteks AWUTEK OY pakub Rootsis SPC (Sweden Power Chippers AB, info: http://www.pelletpress.com/About-SPC.htm) poolt valmistatud seadmeid tootlikkusega alates 125-175 kg/h kuni 800-1 000 kg/h. Kohalikust biomassist puitpelletite tootmiseks kuni 10 000 t/a on võimalik kasutada seadet PP450 Twin (tootlikkus 800-1000 kg/h, joonis 5), mille hind on orienteeruvalt 270 000 eurot (allikas: http://www.alibaba.com/product-free/109018216/Pelletpress_SPC_PP450_Twin.html).

Joonis 5. Pelletimasin PP450 Twin

Puitpelletite väiketootjatele on võimalik kasutada seadmeid PP150 Kompakt (tootlikkus 125-175 kg/h) või PP300 Kompakt (tootlikkus 250-350 kg/h, joonis 6), millede hinnad jäävad alla 9 000 euro.

Joonis 6. Pelletimasin PP300 Kompakt

Lõuna-Aafrika Vabariigi ettevõtte Agricultural Pelleting (PTY) Ltd. (http://www.agricon-pelleting.co.za/agri20.html) pakub samuti väiketootjatele pelletite tootmiseks vastavaid seadmeid, milledest sobivaim on Agri 20 (joonis 7), tootlikkusega 150 -200 kg/h. Nende maksumus sõltub komplekti kuuluvate seadmete arvust ja täiusest (toorme etteandeseadmed, kütuste eemaldamise ja pakkimise seadmed) ja ulatub pelletipressi osas kuni 13 000 euroni ning täiuslikuma komplekti puhul kuni 30 000 ja enamagi euroni. Hinnad on saadud Soome tarnijatelt, kuid otseste hinnapakkumiste küsimise korral võib saada isegi odavamalt.

Joonis 7. Pelletimasin Agri 20

4.2.2. Torrefitseeritud pelletid

Lisaks puitpelletitele on võimalik toota ka torrefitseeritud puitpelleteid. Torrefitseerimine on termo-keemiline protsess, mille käigus väheneb puidu niiskuse sisaldus ja selle omadused muutuvad biokütusena kasutades sobilikumaks. Torrefitseeritud puitpelletid on võrreldes tavaliste puitpelletiga väiksema niiskusega, kõrgema küttevääртusega ja suurema energiatihedusega. Tehnoloogiliselt saab torrefitseerimise jagada kaheks:

- otsene kuumutamine -
    - ilma hapniku juurdepääsuta (liikuv kiht, vibreeriv kiht, trummel, mitme koldeline);
    - vähese hapniku juurdepääsuga (tunnel, liikuv kiht, nn „Torbed“);
- kaudne kuumutamine -
    - tigu;

- trummel.

Torrefitseeritud (ehk nn röstitud) puitpelletite tootmisprotsess on kirjeldatav järgnevate etappidena:

- puitmassi kuivatamine;
- puitmassi nn röstimine torrefitseerimisreaktoris ~300 ºC juures (~60 minutit);
- röstitud puitmassi jahutamine;
- röstitud puitmass peenestatakse ja suunatakse pressi toormepunkrisse;
- röstitud puitmassi pressimine läbi matriitsi (kasutatakse sideainet ja vett);
- röstitud ehk torrefitseeritud puitpelletite (joonis 8) jahutamine ja pakkimine.

Joonis 8. Torrefitseeritud puitpellet (http://newbiomass.com/our-products/torrefied-wood/)

4.2.3. Torrefitseeritud pelletite tootmisseade

Sarnaselt puitpelletitele on torrefitseeritud puitpelleteid majanduslikult kasulikum toota suuremates kogustes (eelkõige Euroopa turule eksportimiseks, Eestis on nõudlus tõenäoliselt väike, praegusel ajal puudub täielikult). Kuna kohalike puidutööstusettevõtetest pärinevat toormaterjali on (torrefitseeritud) pelletite valmistamiseks piiratud koguses, on oluline viia läbi turu-uuring, selgitamaks välja, millised piirkonnad, millistes kogustes ja mis hinnaga on valmis (torrefitseeritud) pelleteid ostma.

Torrefied Wood Pellet Equipment Ltd. (http://torrefiedwoodpellet.com/new-page.htm) pakub seadmeid tootlikkusega 0,5 t/h, 2 t/h ja 5 t/h. Kui toota ainult torrefitseeritud pelleteid, on tööstusettevõtetel optimaalne toota nõudluse olemasolul ~10 000 t/a. Sellisel juhul võiks sobida seade tootlikkusega kuni 2 t/h, mille hind võib hinnanguliselt olla ~300 000 eurot. Kui toota nii puitpelleteid kui ka torrefitseeritud puitpelleteid, sõltub toodang nõudlusest (nt toota nii puitpelleteid kui ka torrefitseeritud pelleteid seadmetega, mille tootlikus jääb mõlemal juhul kuni 0,5 t/h).

4.3. Puittolm

Puittolm, mis tekib puidutööstuses jäätmena, on võimalik energeetilise otstarbega ära kasutada nii puitpelletite kui ka -brikettide valmistamisel toormaterjalina. Rootsis kasutatakse puittolmu ka katlakütusena, kuid ainult suurtes koostootmisjaamade või asulate katlamajade kateldes (vajatakse spetsiaalseid põleteid). Hiiumaal tuleb kõne alla puittolmu (kui seda puidutööstustes tekib) lisamine vaid pelletite või brikettide toormesse, sest selle kogused katlakütusena kasutamiseks on liiga väikesed.

4.4. Lisavõimalused puidust vääristatud biokütuste tootmiseks

Lisaks tahkele puidust valmistatud biokütusele on võimalik toota puidust ka puugaasi (ehk generaatorgaasi). Arvestades puidu põhiomadusi, on antud kütust kõige sobivam kasutada keevkihiga reaktorites. Alternatiiviks on vastuvoolu reaktori kasutamine, kuid sel juhul tuleb arvestada toodetava generaatorgaasi tõrvasisaldusega, mille puhastamine on kallis ja küllaltki keerukas. Pärivoolu reaktori korral on suhteliselt tõrvavaba generaatorgaasi tootmise eelduseks vajalik kasutada madala niiskusega (suhteline niiskus alla 15%) ja ühtlase tükisuurusega puitkütust (pelletid, hakkpuit, puitklotsid). Puugaasi sobib kasutada väikeste soojuse ja elektri koostootmisseadmete kütusena (Otto-mootor + elektrigeneraator) gaasitootmise vahetus läheduses.

4.5. Biokütuste energeetiline kasutus

Puitpõhiseid vääristatud biokütuseid (puitpelletid, torrefitseeritud puitpelleteid, puugaas) saab edukalt kasutada väikeenergeetikas (nt puidutööstusettevõtted, talud/farmid). Firma Spanner Re^2 (www.holz-kraft.de) valmistab pelletikatlaid ja puidu termo-keemilise muundamise seadmeid ehk puidugaasiteid (joonis 9), millele lisatakse kohapeal kokkumonteeritavad soojuse ja elektri koostootmisseadmed. Viimased koosnevad sisepõlemismootorist ja generaatorist koos vajalike abiseadmete ja automaatikaplokiga (tabel 7). Olenevalt seadme mudelist on nende elektriline võimsus kas 30 kW või 45 kW ja soojuslik võimsus vastavalt 70 kW või 100 kW. Puitkütusena sobib hakkpuit, mille kulu on umbes 30 kuni 45 kg/h, mis teeb 1 kW_{el} võimsuse kohta kütuse kuluks 1 kg/h. Siinkohal on oluline, et gaasistusseadmed vajavad kütuseks kuiva, alla 15% suhtelise niiskusega hakkpuitu, millede tükisuurus on 30-40 mm.

Puidugaasistusseadmeid on firmas toodetud kokku 155 tükki ja kolm nendest on tellitud Lätisse, Valka. Gaasistusseadme tarnitakse tellijale koos soojuse ja elektri koostootmisseadmega (SEK). Kõigi väljastatavate seadmete töövõimet kontrollitakse tehase stendis kahe ööpäeva jooksul. Seade võib aastas töötada kuni 8 000 tundi, ülejäänud 760 tundi kulub hooldustöödeks.

Hooldustööde ja remondi kulu arvestatakse 2,7 €/kWh, mille sees on ka 20 000 töötunni järgne mootorivahetus (umbes 2 500 €). Kõige vanem seade on töötanud juba 15 aastat, elueaks arvatakse olevat 20 aastat. Seadme tehnoloogiline omapära seisneb selles, et puudub vajadus tekkiva põlevgaasi puhastamiseks tõrvadest, gaasi võib peale seadet juhtida kohe mootorisse, eelnevalt läbib see vaid kottfiltri, kus eemaldatakse tahked peenosakesed. Väiksema gaasistusseadme + SEK maksumus on 132 000 eurot ja suurema maksumus 136 000 eurot. Käivad katsetused 100 kW_{el} võimsusega SEK tootmiseks, esimene seade läbib eelkatsetusi.

Joonis 9. Spanner Re² puidugaasistusseade (eestvaade)

Tabel 7. Spanner Re² puidugaasistiga töötava soojuse ja elektri koostootmisseadme energiatoodang ja dimensioonid

Mudel	HK 30	HK 45
Elektriline võimsus	30 kW	45 kW
Soojuslik võimsus	70 kW	105 kW
Hakkpuidu kulu	30 kg/h	45 kg/h
Puitkütuse kulu 7 000 töötunni jooksul	180 t (700-1.150 SRM)	270 t (1.000-1.750 SRM)
Hakkpuidu kvaliteet	Tükisuurus - G30-G40 mm, Maksimaalne niiskus - 15%, peenosi (terakesi) < 4 mm maks 30%.	
Elekter (Pinge/sagedus)	400 V / 50 Hz	
Soojus (pealevoolu/tagasivoolu temp)	max 90 °C / max 75 °C	
Jaama mõõtmed (LxWxH)	5 406 x 2 050 x 2 350 mm	
SEKi mõõdud (LxWxH)	2 250 x 990 x 1 470 mm	

Eelmainitule lisaks pakub näiteks USA firma (http://gekgasifier.com/) väikese võimsusega gaasitusseadmeid (10 ja 20 kW_{el}), sobides samuti kasutamiseks nii puidutööstuses kui majapidamistes. Sarnaselt Spanner Re² poolt pakutavatele puidugaasistusseadmetele, töötab ka GEK Power Pallet gaasistusseade (joonis 10) hakkpuidul, kuid võimaldab gaasistada ka puitpelleteid. Seade koosneb GEK HOT TOTTI (jääksoojuse kogumise ja taaskasutamise süsteem) mitmeastmelisest gaasistist, mootorist (Kubota, GM), generaatorist ja automaatikast. Seadme hind on 14 500-20 500 eurot (millele lisandub veel transpordikulu kuni 2 000 eurot). Seadme valmistamiseks vajalikke jooniseid, juhendeid ja näpunäiteid leiab aadressilt http://wiki.gekgasifier.com/w/page/6123718/FrontPage ja juhiseid seadme kokkupanemiseks http://gekgasifier.pbworks.com/w/page/27905807/Assembly%20Instructions%20for%20the%20GEK%20v4%20Kit.

Joonis 10. 10 kW_{el} Power Pallet gaasistusseade

4.6. Võimalik alternatiiv – vääristatud biokütuse tootmine looduslikelt kooslustelt, märgaladelt ja püsirohumaadelt pärit biomassist (rohtne biomass)

Algsete uuringute põhjal on võimalik sarnaselt puidule ka rohttaimede biomassist (nt talvisel perioodil kogutud pilliroog, kuivatatud luhahein jms) toota pelleteid ja brikette (joonis 11 ja 12). Vääristatud kütusena on rohtsest biomassist toodetud pelletitel ja brikettidel sarnaselt puitpelletitele/-brikettidele head puistematerjali omadused, mis võimaldavad luua paindlikku varustamissüsteemi ning kasutada neid väikeenergeetikas (sh kodumajapidamistes). Rohtsest biomassist toodetud brikettide ja pelletite puhult tuleb vaid arvestada põletamisel tekkiva suurema tuhakogusega (3-4 korda suurem, võrreldes puitpelletitega), mis võib põhjustada tuhaeemaldamise seadmete ummistusi, kütuse mittetäielikku põlemist, teatud tüüpi

stokkerpõletite ummistumist ja tule sumbumist, tuha paakumist jms. Leevendavate meetmetena saab kasutada tuhaärastussüsteeme, vajadusel põleva kütuse segamist. Kaasajal on turule tulnud juba spetsiaalseid rohtsest biomassist valmistatud pelletite põletamiseks ettenähtud katlaid ja vastavaid põletuspäid (stokkereid).

Joonis 11. Pilliroopelletid (foto: Ülo Kask)

Joonis 12. Tavaahjus koos puuhalgudega põlevad pilliroobriketid (foto: Ülo Kask)

Vääristatud biokütusena saab rohtsest biomassist (nt suvisel perioodil kogutud pilliroog, luhahein jms) toota veel biogaasi (kääritamise teel), mida annab kasutada elektri ja soojuse (koos)tootmises, kütusena kodumajapidamistes ja sõltuvalt metaani sisaldusest spetsiaalsetes gaasi põletamiseks arendatud mootorites. Biogaasi kõrval on võimalik sarnaselt puidule toota rohtsest biomassist ka generaatorgaasi, mida tuleb eelnevalt sisepõlemismootorites ja kateldes põletamist või kõrge efektiivsusega gaasiturbiinides kasutamist puhastada.

Rohtsest biomassist toodetud vedelal kujul biokütuseid saab kasutada sarnaselt fossiilsete kütustega mootorikütustena nii seguna (biometanool ja bensiin) kui ka puhtana (bio-DME). Tootmisest tekkinud vedelaid jääke saab põletada kütusena kateldes, kus kütus suunatakse koldesse läbi pihustite. Sõltuvalt kütuse tuhasusest võivad pihustid kuluda ja küttepinnad saastuda, mistõttu tuleb neid perioodiliselt puhastada.

Lisaks eelmainitud vääristatud biokütustele, on võimalik taimsest biomassist toota ka vääristamata biokütuseid (purustatud, pressitud suurpakki või rulooni, vt joonis 13). Purustatud biokütust saab kasutada:

- lähtematerjalina (nt termokeemiliseks muundamiseks ehk gaasitamiseks);
- biokütusena soojuse tootmiseks või soojuse ja elektri koostootmiseks, kas muu kütuse lisandina (maksimaalselt 10 %, et vältida probleeme koldes) või puhtana.

Joonis 13. Talvisest pilliroost pressitud suurpakk

Pressitud suurpakke ja ruloone on võimalik kasutada tulemusrikkalt nii väiksemates põletusseadmetes (joonis 14) kui ka keskmise võimsusega soojuse ja elektri koostootmise jaamades. Tehnoloogiliselt saab pressitud pilliroogu põletada järgmiselt:

- purustamata suurpaki/rulooni põletamine:
    - üksiku suurpaki/rulooni põletamine;

  - sigartüüpi põletamine pideva söötmisega;
- purustatud suurpaki/rulooni põletamine.

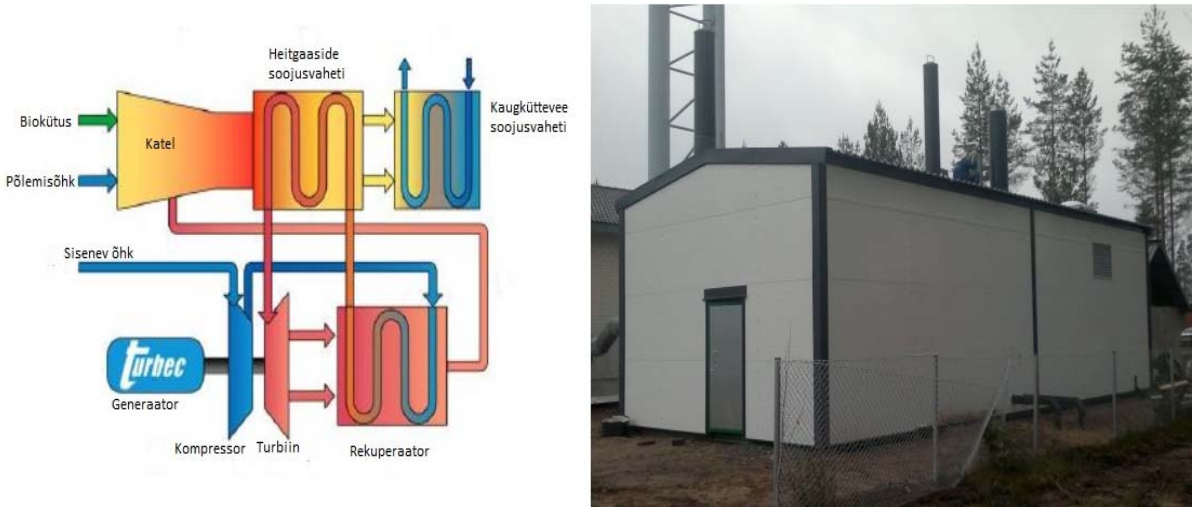
Võimaliku alternatiivi ehk rohtse biomassi kasutuselevõtt ja sellest tahke, gaasilise ja vedela biokütuse probleemideta tootmine eeldab lisaks täiendavatele ressursiuuringutele ka sobivate tehnoloogiliste lahenduste arendamist ja olemasolevate täiustamist.

Joonis 14. Rohtse biomassi ja põhu põletamiseks sobiv katel (välis- ja sisevaade)

5. Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektrienergia tootmiseks

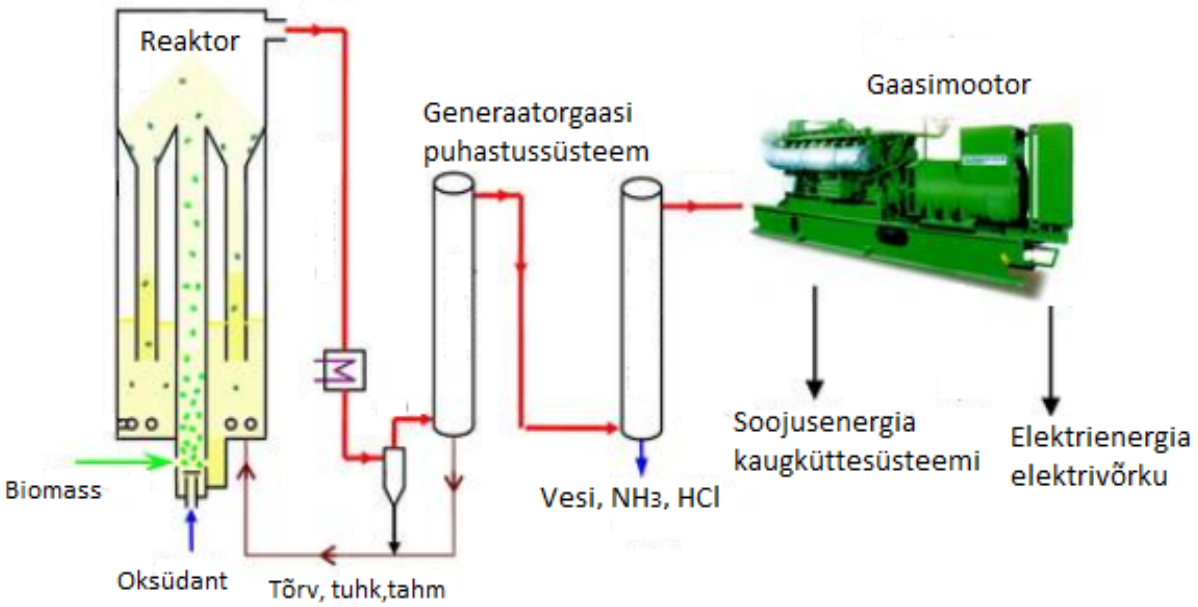
Hiiumaal (eelkõige Kärdlas) soojuse ja elektrienergia koostootmiseks on välja pakutud järgmised alternatiivsed tehnoloogiad:

1. Mikroturbiin (*ingl. k. micro turbine)* - biokütus suunatakse esmalt koos põlemisõhuga katlasse (joonis 15), põlemisprotsessi tarbeks kasutatav eelsoojendatud õhk on eelnevalt kompressoris komprimeeritud ja läbinud nii rekuperaatori (õhu eelsoojendi) ja suitsugaaside soojusvaheti (asub katlaga komplektis) kui ka turbiini. Kuum õhk (kuni 700-750°C) paneb tööle turbiini, mis omakorda on ühendatud generaatoriga elektrienergia tootmiseks. Katelseadmest väljuvate heitgaaside soojusvaheti abil saadakse kaugkütte vee soojendamiseks vajalikku soojust. Põlemisest tekkiv tuhk kogutakse vastavasse tuhakonteinerisse.



Joonis 15. Kuumal õhul töötava mikroturbiini põhimõtteline skeem (vasakul) ja vastav konteinertüüpi koostootmisjaam (paremal), (http://www.ekogen.fi/technology.html)

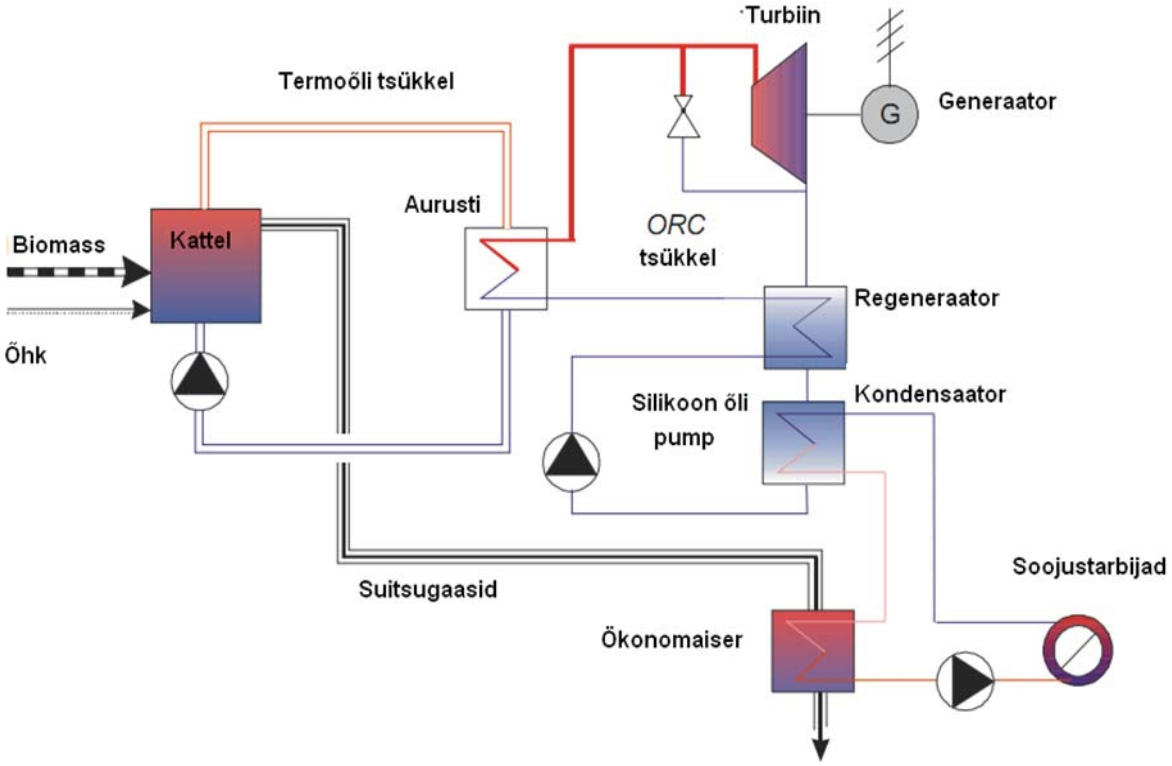
2. Gaasimootor *(ingl. k. gas engine)* - biomass gaasistatakse (keevkiht)reaktoris, saadud generaatorgaas puhastatakse ja jahutatakse ning suunatakse gaasimootorisse (joonis 16). Õhk juhitakse põlemiskambrisse, kuhu suunatakse ka generaatorgaas ja kus toimub segu põlemine. Seejuures toimub temperatuuri tõus ja suureneb gaaside maht, mis paneb tööle mootori kolvid ja väntvõlli. Mootor ja generaator on paigutatud ühele võllile ja need töötavad sünkroonselt. Tootmise käigus tekkiv tuhk ja kondensaat kogutakse vastavalt konteineritesse.



Joonis 16. Generaatorgaasi tootmise ja selle gaasimootoris põletamise põhimõtteline skeem (http://www.milenatechnology.com/commercial-projects/)

3. ORC *(ingl. k. Organic Rankine Cycle)* - Rankine tsükkel, mis on täielikult suletud (joonis 17). Tsüklis kasutatakse orgaanilist ainet – silikoonõli, mida aurustatakse ja kuumutakse kergelt ülerõhu all. Aurud läbivad turbiini, mis on otseühendatud generaatoriga. Paisudes

läbib õli regeneraatori (protsessi efektiivsuse tõstmiseks) ja seejärel jahutatakse kondensaatoris. Kondenseerumine toimub kõrgel temperatuuril (80-100 ºC), mis lubab jahutamiseks kasutada kaugküttevõrgu vett. Peale jahutamist vedela õli rõhku suurendatakse toitepumba abil ning protsess algab uuesti. Kaugküttevett kuumutatakse ka ökonomaiseris (vee eelsoojendi) protsessi efektiivsuse tõstmiseks. Põlemisprotsessis tekkiv tuhk kogutakse konteinerisse.



Joonis 17. ORC seade põhimõtteline skeem

Järgnevalt on toodud tabelis 8 pakutud alternatiivsete tehnoloogiliste lahenduste (mikroturbiini, gaasimootor ja ORC) parameetrite võrdlus.

Tabel 8. Mikroturbiini, gaasimootori ja ORC võrdlus

Parameeter	Gaasimootor	Mikroturbiin	ORC
Võimsus, kW_e	15-10 000	25-250	200-2 500
Elektriline η, %	30-38	15-35	10-20
Soojuslik η, %	45-50	50-60	70-85
Üldkasutegur, %	75-90	75-85	85-95
Soojuskandja temp, °C	85-100	85-100	80-100
Eluiga, h	45 000-60 000	50 000-75 000	>60 000

Kolmest pakutavast alternatiivist on soojuse ja elektrienergia koostootmiseks sobivaim mikroturbiini kasutav tehnoloogia, kuna tegu on hästi toimivate seadmetega, kompaktse ja

töökindla lahendusega. Soomes töötab vastavat tüüpi SEK Taipalesaarel Lappeenranta lähedal. Konteinertüüpi koostootmisjaam, mis koosneb Soomes valmistatud Arimax katlast ja Itaalias toodetud Turbec turbiinist, töötab suures osas automatiseeritult (lihtne opereerida), omab kõrget kasutegurit (Ekogeni seadmel 80%) ja vähest mõju keskkonnale (minimaalne emissioon, heitvett ei teki jne).

Analoogse konteinertüüpi koostootmisjaama saaks teoreetiliselt lisaks Kärdlale rajada veel nt Viskoosasse, Käinasse ja Laukasse ning Suuremõisa külla ja/või kooli.

Algsetel hinnangutel on Hiiumaal umbes 10-20 asukohta (ettevõtet, talunikku, ühistut), kuhu oleks võimalik/sobilik paigaldada puugaasigeneraator võimsusega 10-20 kW_{el}.

Oluline on siinkohal märkida, et koostootmisseadme ühendamisel elektrivõrguga tuleb arvestada asjaoluga, et Hiiumaa ja Mandri-Eesti vaheline ühendus on ja jääb tõenäoliselt veel pikaks ajaks kehvaks (seda tingib ka asjaolu, et tuuleelektrijaamu antud piirkonda ei lubata ehitada). Elektri tootmine Hiiumaal võib parandada saare energia varustuskindlust.

6. Toodetava tahke biokütuse võimalikud tarbijad ja nende tarbimismahud Hiiumaal ning mujal

Toodetavat biokütust (pelletid/briketid) on võimalik Hiiumaal müüa tavatarbijale (ahju, kamina kütmiseks sobib brikett, pelletitel töötavale katlale sobib puitpellet või torrefitseeritud puitpellet). Kohalike tarbijate tarbimismahud on tõenäoliselt väga väikesed, kuid täpset nõudlust on väga raske ennustada (kõik sõltub toodetava kütuse hinnast).

Tarbimismahult on turg suurem Mandri-Eestis, mis eeldab toodetud biokütuse kohest eksportimist (transpordi organiseerimine, ekspordi mõju hinnale). Statistiliste andmete järgi on viimasel kolmel aastal olnud nõudlus puitbriketi järele languses ja puitpelleti nõudlus on püsinud stabiilsemana (tabel 9).

Tabel 9. Primaarenergia ressurss ja Eestis tarbitava puitbriketi ja puitpelleti aastane energiakogus (info: www.stat.ee)

Aasta	Parameeter	Puitbrikett	Puitpellet
2009	Primaarenergia ressursid, TJ/a	751	6149
	..tarbitud soojuse tootmiseks, TJ/a	48	62
2010	Primaarenergia ressursid, TJ/a	909	6864
	..tarbitud soojuse tootmiseks, TJ/a	29	61
2011	Primaarenergia ressursid, TJ/a	901	6189
	..tarbitud soojuse tootmiseks, TJ/a	29	65

Euroopa turg on see-eest põhjatu ja sealne nõudlus aastatega pigem kasvab, mistõttu hinnanguliselt on majanduslikult otstarbekas müüa Hiiumaal toodetavat biokütust just Euroopasse.

7. Parima asukoha valik biokütuste tootmiseks Hiiumaal, riskid

Sõltuvalt toodetavast biokütustest ja kasutatavast tehnoloogiast, on nii logistiliselt kui ka majanduslikult otstarbekas viia tootmine kas tarbijate või just biokütuse lähteallikana kasutatava biomassi lähedale. Siinkohal on mõttekas arendada juba olemasolevaid puidutöötlusettevõtteid.

Tulevikku on tänamatu ennustada, sest, kes neid hinnamuutusi ette teab. Viimasest sõltuvad ka tihti tehnilis-tehnoloogilised lahendused. Kui orienteeruda ainult Hiiumaale, siis peaks juba tänasel päeval olema tasuv toota hakkpuitu kütteks. Hiiumaa probleemiks on kohalike tarbijate eriti kaugküttesüsteemide vähesus. Siit koorub ka välja, et tuleks selgitada täpsemalt välja (teha vastavad teostatavuse arvutused), kus tasuks kaugküttesüsteemid taastada, kus mitte, eeldusel, et kasutatakse kohalikku biokütust. Kui toota pelleteid (suuremas mahus) tuleb igal juhul arvestada peamiselt Hiiumaa väliste tarbijatega, parem ka Eesti välistega. Siin määrab tasuvuse suures osas tootmismaht, viimase määrab igal aastal ühtlaselt kättesaadav toorme ressurss ja selle maksumus. Kui biomassi gaasistada, peavad olema kohalikud soojuse ja elektri tarbijad, et kogu toodetav energia aasta jooksul (umbes 8 000 töötundi) tarbitakse või müüakse. Gaasistite baasil töötavad CHPd on tänasel päeval tasuvad ainult toetuste korral (vähemalt 50% investeeringutoetust, elektri ostukohustus kõrgendatud hinnaga jms). Väikeste kaugküttesüsteemide elujõulisus on probleemiks kogu Eestis. On näiteid, kus väikeseid süsteeme arendatakse ja need on elujõulised, on näiteid, kus need on hääbunud ja on näiteid, kus need on taasrajatud. Iga konkreetset juhtumit (kaugküttesüsteemi säilitamine, likvideerimine või taasrajamine) tuleb eraldi analüüsida.

Riskide hindamine on tavapäraselt äriplaani osa, kuid olgu siinkohal välja toodud neist olulisemad. Biomassi toormest (siin ei mõelda mitte ainult puitbiomassi) kütuste valmistamise üks suurimaid riske on põhjustatud heitlikest ilmaoludes. Igal aastal ei pruugita saada varuda vajalikus koguses ja konditsioonis tooret. Kui keegi hakkaks tegema pilliroost pelleteid, siis on aastaid, kus pilliroo varumine on küsitav (2011-2012). Näiteks Lihula katlamajal ei õnnestunud 2012. aastal peaaegu üldse varuda kuiva luhaheina ning katlamaja töötab valdavalt hakkpuiduga.

Teiseks suureks riskigrupiks on hinnad (toore, tööjõud, kütus, toodang jm). Nagu meie elu näitab, et äärmiselt palju oleme mõjutatud muu maailma majanduse olukorrast ja vastavast turusituatsioonist (kindlatele välispartneritele orienteeritud tootja võib hävida mõnede partnerite ootamatu äralangemise tõttu, või toodangu nõudluse järsu vähenemise tõttu, nagu juhtus

biodiiselkütuse tootjaga AS Paldiski Biodiisel). Mõnel puhul on saatuslikuks saanud seadmete (kogu tehase sisseseade) puudulik komplekssus, madal kvaliteet ja töökindlus. Esialgu panustati madalale kapitalikulule, mis hiljem tasus kätte suurte remondi- ja hoolduskulude ning muude käidukulude näol (nt Jööri biogaasijaam, Väike-Maarja loomsete jäätmete käitlemise ettevõte (nüüdne AS Vireen). Energeetilist omatarvet suurendavad riskid ei olegi biomassi kütuseks kasutamise suurimaid riske. Omatarbe saab üsna täpselt teada, kui on välja valitud tehnoloogiline skeem (siin nt pelletitehas). Toorme varumise risk, tähendab peale heitlikest ilmaoludest sõltumist ka seda, et metsatöödele ja väljaveole võib ettearvatust rohkem mootorikütust kuluda, seadmete remondi ja hoolduskulud võivad suureneda ka tööjõu kvaliteedist lähtuvalt. Pelletitoore võib ju tulla nt mööblitootmise ettevõttest, kus on riskiks see, et see ettevõte võib halbade juhtumite kokkulangevuse tõttu hoopis pankrotti minna ja pelletitootmise ettevõte, kes sealt sai sobiva toorme jääb sellest üldse ilma.

8. Üldinfo Hiiumaa puidutööstuse ettevõtetest

Hiiumaa, puidutööstuse mõistes, väheväärtuslikud metsad on läbi sajandite raiutud küttepuudeks. Taliteed, halurannad ja halulaevad olid oluliseks osaks Hiiumaa majandusest veel vahetult enne Teist Maailmasõda. Hiiumaa metsaomaniku metsade väärtuse allikaks on Hiiumaa puidule turu leidmine vähemalt biokütusena. Viimane pakuks metsaomanikele sissetulekut ja hiidlastele tööd (Hiiumaa majandusülevaade 2010).

Hetkel tegeleb puidu varumisega Hiiumaal kolm firmat: HM Puidukaubandus OÜ (HMPK), Traperii OÜ ja Dagö Trade OÜ. Lisaks kohalikele firmadele, tegeleb puidu varumisega veel United Loggers OÜ ja RMK. Hiiumaa suurim küttepuude tootja on Halupuu Firewood Products OÜ.

Puidutööstusega tegeleb Vesset OÜ (hööveltooted Venemaalt pärit puidust), Halupuu OÜ (küttepuude tootmine, ~2 500 tm/a), paar väikest mööblitootjat (nt Norse Wood OÜ, Prosper Line OÜ, Honga AS, Kaskisaare OÜ) ja väikelaevaehitus. Lehtmas, Käinas, Laukas asuvad saeveskid. Kärdlas on olemas lehtpuu saeveski. Puidufirmade toodetest ~1% jääb Hiiumaale.

9. Järeldused ja soovitused

Uurimis-arendustööst selgub, et puidu ressurssi on Hiiumaal piisavas koguses ja nn teoreetiliselt kasutamata puitmaterjali, millest saab toota puitpõhiseid biokütuseid (pelleteid, brikette jm), on hinnanguliselt ~26 000 tm/a ehk primaarenergiana 54 000 MWh/a. Nimetatud ressursi kasutusse võtmist mõjutab konkurents metsatööstuses, madal metsa juurdekasv ja nõudluse olemasolu

toodetavate biokütuste järele. Lisaks seab veel riske toorme, tööjõu, kütuse jms hinnad, millede kasvutempo võib aeg-ajalt järsult muutuda. Ressursi kättesaamine on mõneti problemaatiline tänu (metsa-)teede vähesuse ja nende suhteliselt kehva seisukorra tõttu, lisaks seab tingimusi ka ilmastikuolud. Hinnanguliselt on nõudlust peamiselt (torrefitseeritud) puitpelletitele nii Eesti siseselt kui Euroopas.

- Soovitused:
  - võtta päevakorda (metsa-)teede ja maaparanduse teema ja leida lahendused olukorra parandamiseks, et ressurss ei jääks edaspidi metsa vedelema;
  - arvestades kohaliku vaba puidu ressursi ja hinnangulise nõudluse olemasoluga, on vääristatud puitkütustest otstarbekam eelkõige puitpelletite (Euroopasse eksportimisel ka torrefitseeritud puitpelletite) ja puugaasi (energeetiline kasutamine kohalike tarbijate juures) tootmine. Samas ei ole välistatud vaba ressursi ja nõudluse piisavuse korral ka puitbrikettide (eelkõige kohalike tarbijate jaoks) tootmine.
  - konkreetsete biokütuse tootmise ja tootmisseadmete valikul tuleb arvestada reaalset turu olukorda (eeldab turu-uuringut) ja tasuvust. Majanduslikult on efektiivsem toota suuremates kogustes. Hinnanguliselt on tahkete biokütuste (pelletid, briketid) tootmise tasuvuse alumiseks piiriks tööstusettevõtetele tootlikkus kuni 10 000 t/a ja omatarbeks tootjatel 3 000-5 000 t/a.

Võimalik alternatiiv puitkütustele on rohtne biomass (luhahein, pilliroog), millest on võimalik toota Hiiumaal nii vääristamata (purustatud, rulooni/suurpakki pressitud) kui vääristatud (põhiliselt briketid, pelletid, biogaas, generaatorgaas) biokütuseid. Täpne info kohaliku rohtse biomassi ressursist avalikes allikates puudub (hinnanguliselt on Hiiumaal võimalik pilliroogu koguda ~3 000 t/a, mis on primaarenergiana ~15 000 MWh/a, kuid suur osa sellest läheb ehitusmaterjali tootmiseks, energeetikas kasutatavate jääkide osa võiks olla kuni kolmandik). Ressursi kättesaamine võib varieeruvalt aasta-aegadele, ilmastiku ja maastiku oludest sõltuvalt olla raskendatud või koguni võimatu.

- Soovitused:
  - rohtse biomassi ressursi, selle kasutusele võtmise tingimuste ja sellest toodetavate biokütuste nõudluse (sh ekspordi võimalused) uuringute läbiviimine;
  - selgitada välja rohtse, aga ka rohtse ja puitbiomassi kogused ja koos kasutamise tehnoloogilised võimalused biokütuste tootmiseks.

Rohtse biomassi kõrval on energeetiliselt võimalik kasutada veel põllumajandusjäätmetest põhku, (kuid selle ressurss on väike, hinnanguliselt 700-1000 t/a, mis on primaarenergiana 2 800-4 000 MWh/a).

Hiiumaal alternatiivsete tehnoloogiliste lahenduste poolest (mikroturbiini, gaasimootor ja ORC) sobib suuremates asulates soojuse ja elektrienergia koostootmiseks mikroturbiiniga SEK, kuna tegu on hästi toimivate seadmetega ning kompaktse ja töökindla lahendusega. Väiksemates ettevõtetes ja taludes võiks proovida ka puugaasi generaatoritel põhinevat soojuse ja elektri koostootmise seadmeid, eeldusel, et saab kasutada kuiva puitkütust. Siinkohal on oluline märkida, et SEK rajamisel Hiiumaale tuleb pidada silmas kaugküttetaristu(te) puudumist (v.a Kärdlas).

10. Kasutatud kirjandus

1. http://www.keskkonnainfo.ee/main/index.php
2. http://geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html
3. http://www.stat.ee/ee
4. http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/Biokytuse_kasutaja_kasiraamat.pdf
5. http://www.purutuli.ee/index.php?cat=lmenu&page=4&lang=1
6. http://www.agrosilva.ee/index.php?lang=est&main_id=31
7. http://www.pelletpress.com/About-SPC.htm
8. http://newbiomass.com/our-products/torrefied-wood/
9. http://www.agricon-pelleting.co.za/agri20.html
10. http://torrefiedwoodpellet.com/new-page.htm
11. www.holz-kraft.de
12. http://gekgasifier.com/
13. Pilliroo energeetilise kasutamise tehnilis-majanduslikud ja keskkonnakaitselised aspektid. TTÜ magistritöö, T. Aavik, 2010
14. http://www.ekogen.fi/technology.html
15. http://www.milenatechnology.com/commercial-projects/
16. Biokütuse katlamaja tehniline täiustamine ning soojuse ja elektri koostootmise rakendamise analüüs Lihula katlamaja näitel. TTÜ magistritöö. V. Mašatin, 2011.
17. Roostike strateegia Väinamere piirkonnas 2008-2018. Ptk. Bioenergia, Ülo Kask, Livia Kask. TTÜ kirjastus, Tallinn 2008.
18. Hiiumaa majandusülevaade 2010. Hiiu Maavalitsus, SA Tuuru, Hiiumaa Ettevõtjate Liit jt. 2011.