MES uuringu

Eestis olemasoleva, praeguse või juba kavandatud tootmise-tarbimise juures tekkiva biomassi ressursi hindamine

lõpparuanne

Projekti juht: Peeter Muiste

Aruande koostajad:
Allar Padari
Hugo Roostalu
Mait Kriipsalu
Alar Astover
Risto Mitt
Linnar Pärn
Indrek Melts

Tartu
2007

1. Puidu kui biomassi ressursi hindamine: raie ja raiejäätmed, puidutööstuse jäätmed, võsa mass võsastunud aladel 5
Uuringu lähteülesanded 5
1.1. Metoodika 6
Pindalade leidmine kaardiandmete abil 7
Metsa omaduste arvestamine 10
Metsade toodangu leidmine 11
1.2. Metsat saadav biomass 13
1.3. Mittemetsamaadelt saadav biomass 18
1.4. Puidutööstuse jäätmed 20
Kokkuvõte 21
Kasutatud kirjandus 23

2. Tööstus- ja olmejäätmete kui biomassi ressursi hindamine 24
Uuringu lähteülesanded 24
2.1. Tööstus- ja olmejäätmete biomass 24
Jäätmete biomassi bilanss eri liikide kaupa maakondade lõikes 24
Energiarikaste jäätmete loetelu ja hulk 24
Olmejäätmed 24
Olmejäätmete koostis 25
Pakendijäätmed 25
Biolagunevad jäätmed 26
Puidujäätmed 27
Ehitus- ja lammutuspraht 27
Reoveesete 27
Ohtlikud olmejäätmed 27
2.2. Tööstus- ja olmejäätmete utiliseerimise viisid 28
Taaskasutamine 28
Ladestamine 28
Keskkonnanõuetele vastavad prügilad 28
Jäätmekütuse kaevandamine prügilas 29
2.3. Jäätmete biomassi kasutamise perspektiiv energiamajanduses 30
Jäätmed kui kütus 30
Põletustehaste arenguplaanid 31
2.4. Jäätmete biomassi kasutamist piiravaid ja soodustavad tegurid 31
Tugevused 31
Nõrkused 32
Võimalused 33
Ohud 33
2.5. Jäätmete ajutise ladustamisega seotud küsimused. 34
Ettepanekud 35
Kokkuvõte 37
Kasutatud kirjandus 38

3. Põllumajanduses tekkiva biomassi ressursi hindamine 40
Uuringu lähteülesanded 40
3.1. Põllumajanduses tekkiv biomass 40
Teravili. 42
Sõnnik. 45
3.2. Rohumaad ja looduslikud taimekooslused 46
Looduslikud rohumaad 46
Roostikud 65
3.4. Arutelu ja järeldused 65
Kasutatud kirjandus 69

Summary 71
Estimation of the resources of woody biomass 71
Biomass from waste 72
Agricultural production for bio-fuel 73

Lisad 75
LISA 1. Jäätmete üldhulk Eestis 76
LISA 2. Jäätmekäitluse ülevaade maakondade lõikes 2005. a (tuh tonni) 76
LISA 3. Olmejäätmete hulk maakondade lõikes 2005. a (tuh tonni) 77
LISA 4. Olmejäätmete hulga muutumine aastate kaupa 77
LISA 5. Olmejäätmete hulga prognoos aastani 2013 78
LISA 6. Olmejäätmete koostis 78
LISA 7. Jäätmeliikide massiprotsendid kinnisturühmade kaupa 79
LISA 8. Pakendijäätmete osatähtsus olmejäätmetes (2005. a) 79
LISA 9. Pakendijäätmete hulga prognoos 79
LISA 10. Biolagunevate jäätmete koostis 80
LISA 11. Korterelamute hinnanguline remondivajadus 80
LISA 12. Olmejäätmete taaskasutamine 80
LISA 13. Tugiprügilad 2006 aastal 81
LISA 14. Nõuetele vastavate prügilate ladestusmaht 2006 81
LISA 15. Eri jäätmeliikide küttevääртus 82
LISA 16. Olmejäätmete koostisainete küttevääртus 82
LISA 17. Olmejäätmete tüüpiline keemiline koostis 82
LISA 18. Olmejäätmete koostis 83
LISA 18. Olmejäätmete koostis 83
LISA 19. Jäätmekütuseid käsitlevad dokumendid CEN/TC 343 (seisuga 9.12.06) 84
LISA 20. 86

1. Puidu kui biomassi ressursi hindamine: raie ja raiejäätmed, puidutööstuse jäätmed, võsa mass võsastunud aladel

(Koostajad: A. Padari, P, Muiste, R. Mitt, L. Pärn)

Uuringu lähteülesanded

Uuring peab:

1) Koostama puidu biomassi bilansi eri liikide lõikes, mis toob välja biomassi arvestusliku ja hetkel tarbitava ressursi sh:
    a. Andma ülevaate puidu biomassi eri liikide varust maakondade lõikes; ülevaade peab hõlmama vähemalt raiet ja raiejäätmeid, puidutööstuse jäätmeid ning võsa biomassi võsastunud aladel ja kommunikatsiooniliinide teenindusalas kasvavat biomassi;
    b. Koostama puiduressursi (halupuit ja notid; puiduhake ja -jäätmed, puidugraanulid, puitbrikett ja puusüsi) energiatoormena Eestis kasutamise esialgse bilansi soojuse ja elektri tootmisel ja tarbimisel. Mahud esitada tihumeetrites ja teradžaulides, analüüsina tuleb tuua välja trendid;
2) Andma esialgse hinnangu puidu biomassi kasutamise perspektiivile energiamajanduses Eestis;
3) Analüüsima puidumassi kasutamist piiravaid ja soodustavaid tegureid (sh keskkonnakaitselisi);
4) Andma esialgsed soovitused puidumassi otstarbekamaks kasutamiseks Eestis.

2007. aasta tulemuseks peab olema analüüs, mis annab ülevaate puidu biomassi arvestuslikust ja hetkel tarbitavast ressursist, esitab esialgsed andmed ning hädavajalikud tingimused energiamajanduse praktilise planeerimise tarbeks ning toob välja biomassi kasutamist piiravad ja soodustavad tegurid.

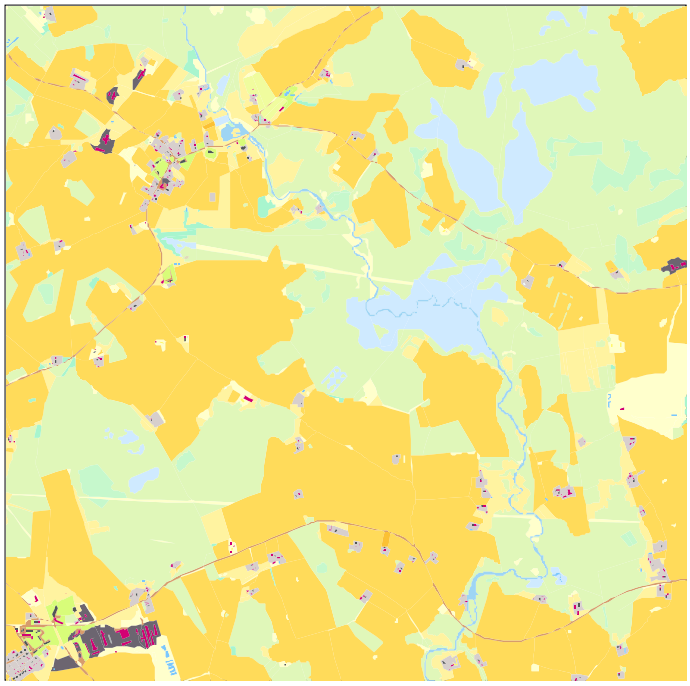
Uuringu tulemusena tuleb esitada ettepanekud „Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava 2007-2013" teise etapi rakendamiseks, vajalike meetmete rakendamise põhjendused ja hinnanguline eelarve ning vajadusel juriidiliselt korrektsed ettepanekud õigusaktide muutmiseks.

1.1. Metoodika

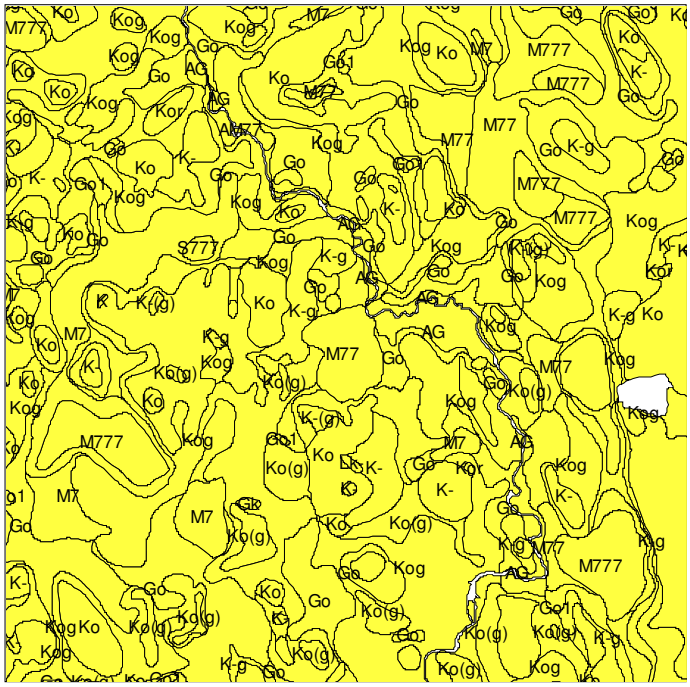
Metsast saadava potentsiaalse biomassi leidmiseks kasutati nelja kaardikihti:

1) Eesti põhikaardi pindade kiht, millest näidis on toodud joonisel 1.1;
2) Eesti mullakaart, millest näidis on toodud joonisel 1.2;
3) Eesti metsaregistri kaardikiht, millest näidis on toodud joonisel 1.3;
4) Eesti omavalitsuste pindade kiht, mis koos põhikaardiruutude piiridega on toodud joonisel 1.4

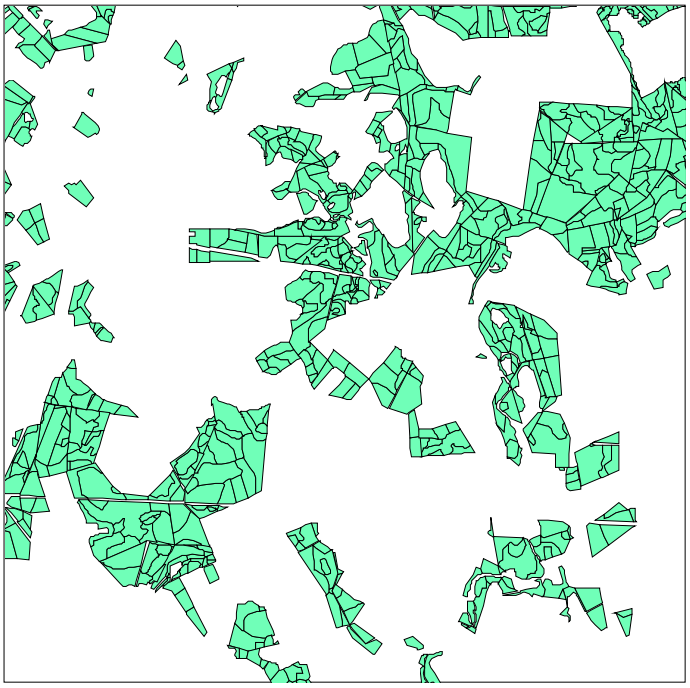
Lisaks kasutati andmeanalüüsil metsaregistris olevate metsade takseerandmeid ning muldade tabeleid.



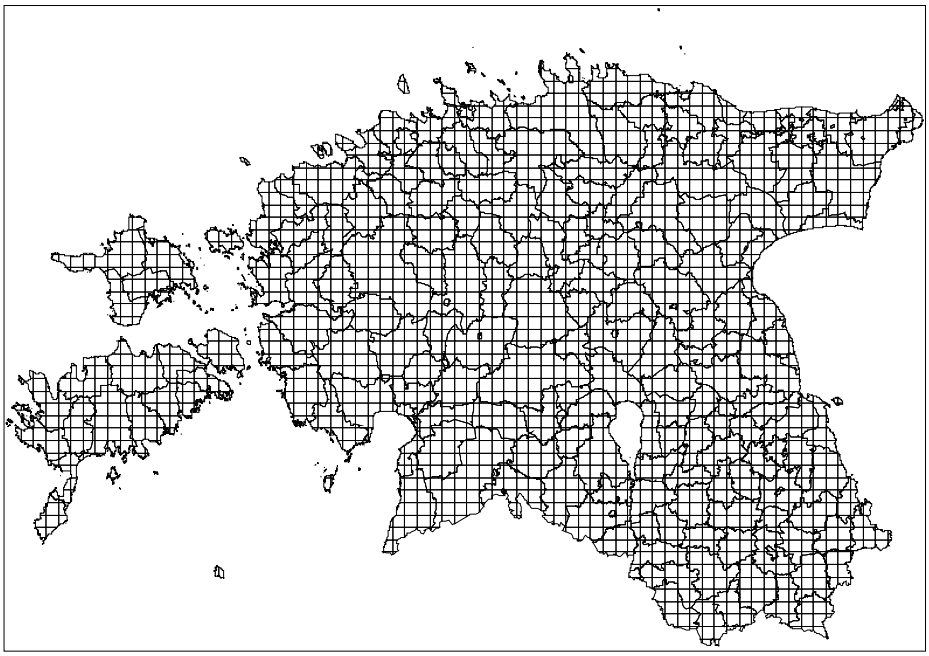
Joonis 1.1. Põhikaardi pindade kiht 5 x 5 km alal



Joonis 1.2. Mullakaardi kiht 5 x 5 km alal



Joonis 1.3. Metsaregistri andmete kiht 5 x 5 km alal



Joonis 1.4. Eesti omavalitsuste haldusalade kiht koos põhikaardi ruutude asetusega

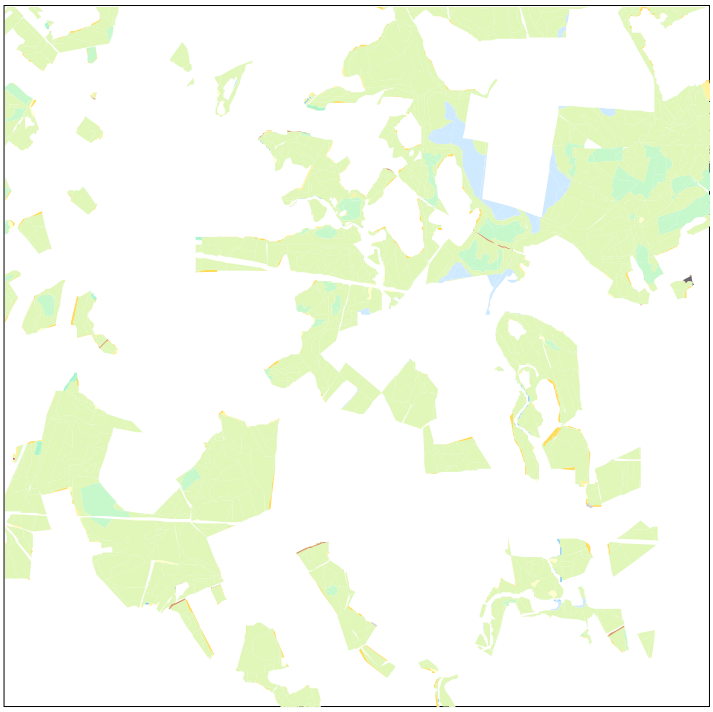
Pindalade leidmine kaardiandmete abil

Esiteks liideti ülalnimetatud neli kaardikihti kokku ja lõigati need üksteise piiridega nn „tükkideks". Tulemuseks saadi nelja kaardi kombinatsioonidega ca 6 533 tuhat (üle 6,5 miljoni) pinnapolügooni, mis hõlmab kokku 18 070 km^2. Näide joonistel 1 kuni 4 toodud kaartide ühisosast on toodud joonisel 5. Metsade pindalaks peale kaartide liitmist saadi 16 211 km^2.

Teiseks lahutati juba analüüsitud pinnad põhikaardi kihtidest maha. Allesjäänud aladest on toodud näidis joonisel 6. Järgnevalt liideti allesjäänud aladega põhikaart ja mullakaart koos omavalitsuste kaardikihiga. Tulemuseks saadi ca 4 572 tuhat (üle 4,5 miljoni) pinnapolügooni kokku pindalaga 23 869 km^2. Vastavast kokkuliidetud andmetega kaardist näide on toodud joonisel 7. Metsade pindala taolistel aladel on peaaegu 7 740 km^2.

Kolmandaks lahutati ka eelnevalt leitud alad põhikaardikihtidest maha. Alles jäid põhikaardi alad, mis ei ole kaetud mullakaardi polügoonidega. Saadi ca 384 pinnapolügooni kokku pindalaga 1 039 km^2. Näide on toodud joonisel 8. Metsade pindalaks allesjäänud põhikaardi pindade kaardikihis saadi peaaegu 110 km^2.

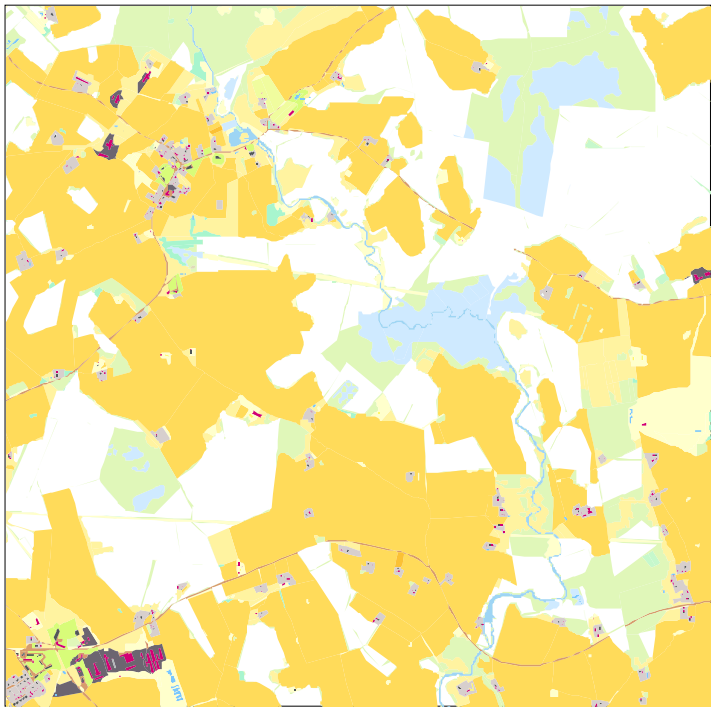
Kaardiarvutustes saadud tulemused on toodud tabelis 1.1



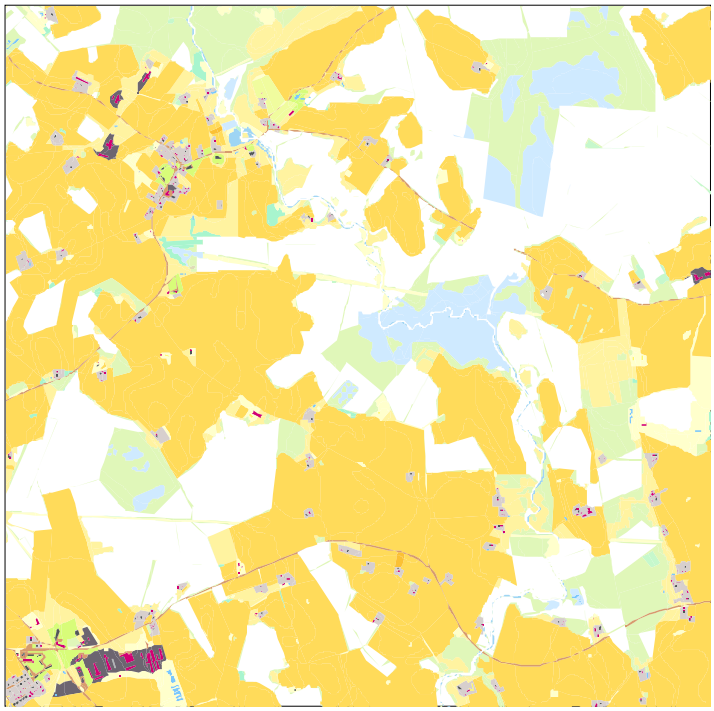
Joonis 1.5. Mulla-, põhi-, metsaregistri ning omavalitsuste kaardi liitmisel saadud tulemus 5 x 5 km ruudul

Tabel 1.1. Kaardiarvutustega saadud koondtulemused

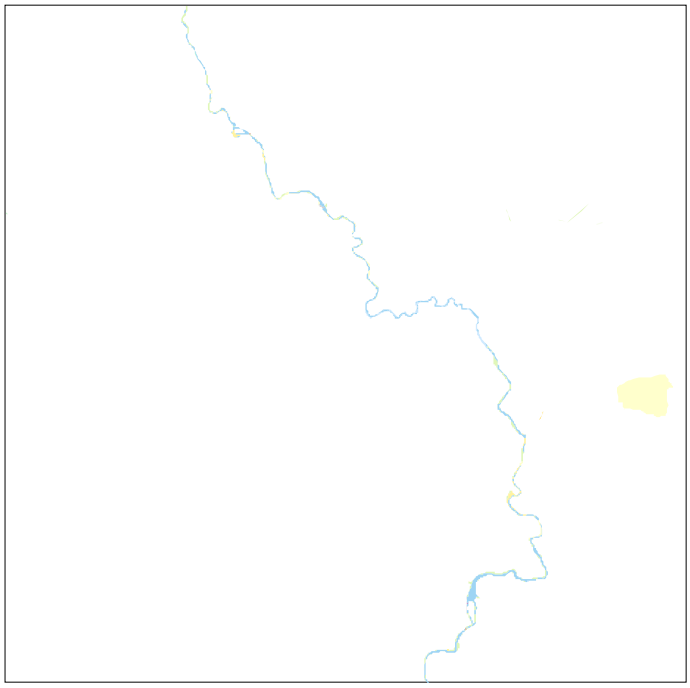
Nr	Arvutusetapp	Pindala kokku, km2	Metsamaa pindala, km2
1	Mulla-, põhi-, omavalitsuste haldusalade ning metsaregistri kaardi liitmise tulemus	18 070	16 211
2	Põhi- ja mullakaardi liitmisel saadud tulemus ilma punktis 1. toodud tulemusteta	23 869	7 740
3	Mullakaardi pindade kihiga katmata alad põhikaardil	1 039	110
4	Põhikaardiga katmata alad	509	?
	Kokku	43 487	24 061



Joonis 1.6. Põhikaardi pindade kith, millest on maha lahutatud metsaregistri andmete, mullakaardi ning omavalitsuse haldusalade ühisosad. Lehe suurus 5 x 5 km



Joonis 1.7. Mulla- ja joonisel 6 toodud põhikaardi pindade kihi ühisosa 5 x 5 km ruudul



Joonis 1.8. Põhikaardialad, mida ei kata mullakaardi pinnad 5 x 5 km suurusel alal

Metsa omaduste arvestamine

Metsa biomassi arvutamiseks saab põhikaardilt metsade pindalad. Antud töös saadi metsade pindalaks 24 061 km^2. Metsade pindalaga on võimalik teha küll mitmeid arvutusi, kuid ainult pindalaga tehtud arvutused saavad olema väga suure veaga. Et saaks täpsemaid tulemusi, tuleks kasutada lisaks pindalale veel ka metsade omadusi. Pikaajalises perspektiivis on peamisteks iseloomustavateks omadusteks järgmised kaks omadust:

1) kasvu kiirus ehk boniteet;
2) kasvukohatüüp, mis iseloomustab eelkõige metsa niiskusrežiimi ja liigilist koosseisu.

Kuna antud projektis oli kasutada metsaregistriandmeid, mis sisaldavad detailset informatsiooni metsade kohta, siis antud aladega probleeme ei ole. Samas neid alasid on kokku vaid 16 211 km^2. Lisaks saadi analüüsil veel 7 850 km^2 metsi, mille kohta metsaregistris andmed puuduvad. Viimane moodustab kogu metsade alast 32,6%, ehk peaaegu kolmandiku.

Et saada metsade andmed ka puuduvale kolmandikule, loodi olemasolevate metsa- ja mullaandmete põhjal mudelid. Mudelid leiti nii metsamaadele, kui ka põõsastikele ja soodele-rabale. Mudelid sisaldasid muldade ja maakategooriate (mets, põõsastik ja sootüübid) kaupa keskmiseid metsade boniteete, kasvukohatüüpe ning jagunemist metsa, põõsastiku ja soode vahel.

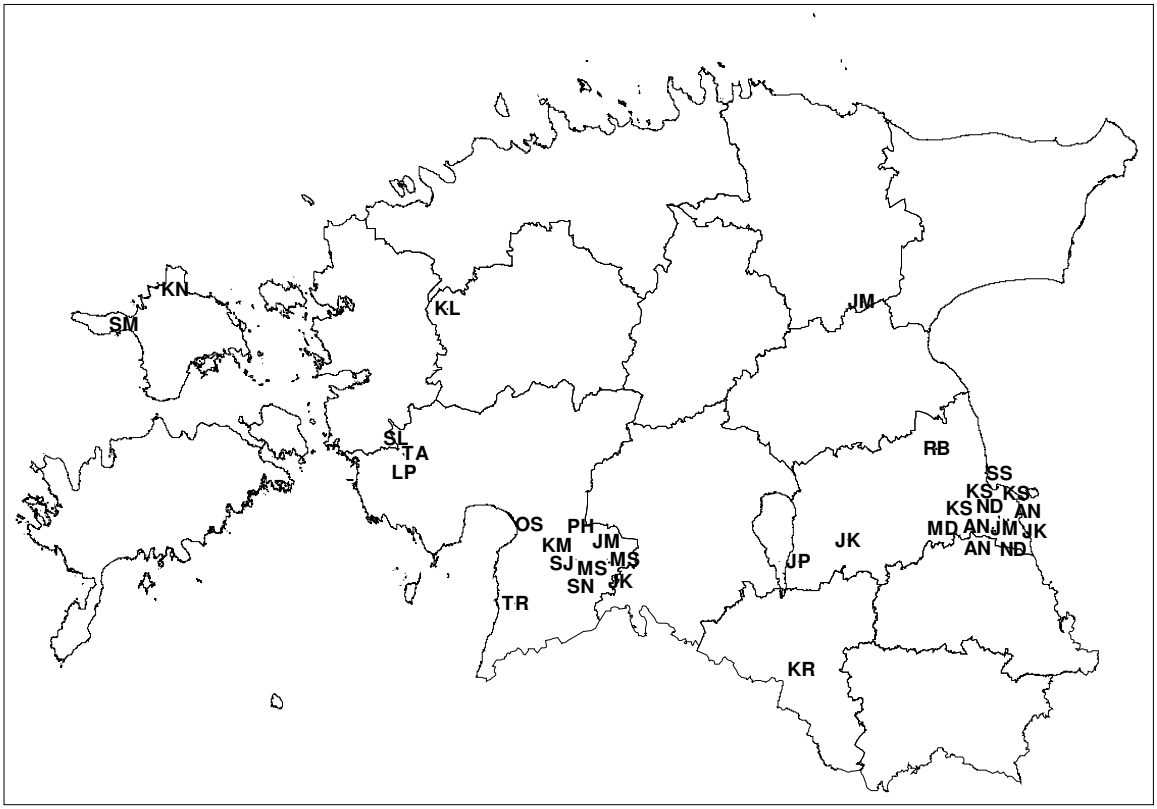
Saadud mudelite abil genereeriti metsade omadused metsaregistriga katmata aladele. Nii saadi omadused 7 740 km^2-le metsadele. Metsade omadused puuduvad veel 110 km2 metsadel. Siin ei jää üle muud, kui kasutada keskmiseid metsade andmeid.

Teades nüüd enamike metsade kasvukiiruseid (boniteete) ning kasvukohatüüpe, saame arvutada metsade keskmised toodangud. Kuid selleks on vaja mudeleid, mis annavad toodangu mahud boniteediklasside ja kasvukohatüüpide kaupa.

Metsade toodangu leidmine

Lageraielankidel raiejäätmete koguste hindamine

Raielankidelt korjatakse ära reeglina likviidne puit, mis sisaldab nii tarbe- kui küttepuitu. Peale selle jääb raiest järgi hulk materjali mille moodustavad peenikesed ladvaosad ning oksad. Viimaseid nimetatakse raiejäätmeteks ning omavad teatud energeetilist väärtust. Raiejäätmete koguste kindlakstegemiseks rajati erinevate kasvukohatüüpidega lankidele proovitükid. Proovitükke rajati igale langile reeglina 3. Ühele langile rajati 2 proovitükki. Proovitükkidelt koguti kokku ja kaaluti ära kõik raiejäätmed. Samuti võeti igalt proovitükilt proovid raiejäätmete niiskuse arvutamiseks. 2007. aastal rajati kokku 50 proovitükki 17 langile. Lisaks võeti analüüsis kasutusele 2002. ja 2004. aastal mõõdetud proovitükid Järvselja ja Tihemetsas, kus mõõdeti vastavalt 11 ja 4 lanki. Seega on analüüsis kasutusel andmed 32 langi kohta. Viimased on kujutatud joonisel 1.9. Mõõdetud 32 langi keksmine raiejäätmete osakaal metsa tüvede tagavarasse oli 20,58%.



Joonis 1.9. Lankide asukohad koos kasvukohatüüpidega (AN – angervaksa, JK – jänesekapsa, JM – jänesekapsa-mustika, JP – jänesekapsa-pohla, KL – kastikuloo, KM – karusambla-mustika, KN – kanarbiku, KR – karusambla, KS – kõdusoo, LP – liivane puistang, MD – madalsoo, MS – mustika, ND – naadi, OS – osja, PH – pohla, RB – raba, SJ – sõnajala, SL – sinilille, SM – sambliku, SN – sinika, SS – siirdesoo, TA – tarna-angervakasa ja TR – tarna)

Metsade pikaajalise toodangu kaudu küttepuidu ja teoreetiline raiejäätmete koguste arvutamine

Metsade toodangu leidmiseks koostati igale boniteediklassile ja igale kasvukohatüübile keskmised metsade aastased toodangud hektari kohta. Arvutamiseks kasutati mitmeid etappe:

1) Erinevad metsad kasvatati noorest puistust kuni lageraieni. Noore metsa algandmed leiti Andres Kiviste (1995) loodud mudelitega, mis kujutavad eesti metsade takseertunnuste

sõltuvust metsade vanuses. Algandmeteks leiti puistu vanus, diameeter ja kõrgus hetkel, kui kõrgus oli vähemalt 7,5 m.

2) Punktis 1 leitud algandmete alusel hakati simuleerima metsade kasvamist. Selleks kasutati Andres Kiviste (1997; 1999) mudeleid. Peale selle kasutati mudeleid, mis näitasid diameetri kasvu sõltuvust metsa hõredusest. Viimaseid mudeleid ei ole kusagil avaldatud, kuid on kasutusel Riigimetsa Majandamise Keskuse metsanduslikus infosüsteemis ja on loodud Artur Nilsoni ja Allar Padari koostöös. Andmeid kasvatati mudelite abil ühe aasta kaupa lageraie eani. Kasvatati puistu keskmist diameetrit ja keskmist kõrgust. Samuti kavandati puude arvu looduslik vähenemine. Muud suurused arvutati kasvatatud suuruste järgi. Teatud tingimustel kavandati ka harvendusraieid.
3) Metsa andmete kasvatamise käigus kontrolliti iga aasta puhul, kas mets on saavutanud tiheduse, mille puhul harvendusraiete normatiivide järgi peaks planeerima harvendusraie. Selle jaoks kasutati Henn Korjuse (1999) mudeleid. Kuna tegelikus elus on väga raske organiseerida töid ja kavandada harvendusraieid just õigel ajal, siis antud arvutustes sai raieelset hõreduse normi vähendatud 5 % võrra.
4) Iga aasta kohta arvutati ka sortimentide kogused kõikide puude kohta. Peale selle leiti planeeritud harvendusraiete puhul väljaraiutavate puude sortimentide väljatulek, sealhulgas ka 3-m küttepuud ja latv koos okstega. Sortimenteerimisel on kasutatud mitmeid mudeleid (Padari, 1999; Нормативы…). Lühidalt on see kirjeldatud alljärgnevalt:
    a) jagatakse puistu puud normaaljaotuse järgi diameetriklassidesse;
    b) leitakse igale diameetriklassi kõrgus;
    c) leitakse diameetrite ja kõrguste järgi sortimentide väljatulekud. Sortimenteerimisel kasutati läti teadlase Ozolinš-i poolt koostatud tüvemoodustaja valemit, mis on kasutusel Eestis kasvava metsa mahtude arvutamisel (Нормативы…). Sortimendid jagati erinevatesse gruppidesse peenema otsa diameetri järgi. Ladva maht liideti okste mahu juurde;
    d) arvutatakse okste mahud, mis kirjanduse andmetel tüvemahust 7 % mändide puhul, 6 % kaskede puhul ning 8 % muude puuliikide puhul (Krigul, 1971).
    e) leitud sortimentide koguseid korrigeeriti kahjustuste ja rikete arvelt. Selleks leiti kahjustatud ja rikutud puude protsent, mille suurus sõltus puuliigist ja vanusest. Peale selle arvestati sortimentide määramisel ka kõverust.

    Leitud sortimentidest palkide, peenpalkide ja paberipuude mahud arvutati kooreta, küttepuude, ladva ja okste maht sisaldab ka koort. Andmed ei sisalda aga okkaid ja lehti.
5) Järgnevalt liideti kokku eespool kirjeldatud arvutusmeetoditega leitud harvendus- ja lageraiete sortimentide väljatulekud. Saadud suurused jagati läbi raieringi pikkusega ning tulemuseks oli erinevate boniteetide, kasvukohatüüpide ja puuliikide kohta sortimentide väljatulekud keskmiselt hektari kohta aastas.
6) Järgmisena leiti iga kasvukohatüübi, boniteedi ja enamuspuuliigi kohta keskmine liigiline koosseis ning esinemise sagedus. Sellega saadi igale boniteediklassile keskmised aastased toodangud sortimentidena puuliikide kaupa.

Teades nüüd metsade toodangut igas boniteediklassis ja kasvukohatüübis ning metsade pindalalist jagunemist kasvukohatüüpide ja boniteediklasside kaupa, saadi eesti metsade keskmised aastased toodangud.

1.2. Metsat saadav biomass

Metsaregistriandmete, põhikaardi ja mullakaardi liitmisel saadud andmete põhjal saadud kaitsekategooriatesse jagunemine on toodud tabelis 2 teises tulbas. Ülejäänud metsade puhul eeldati, et igas maakonnas on metsade kategooriatesse jagunemine metsaregistrisse kandmata metsadel sarnane registrisse kantud metsade omaga. Seega kaitsekategooriatesse jagunemine 4. ja 5. tulbas on arvutatud tabeli 2. tulba proportsioonide kaudu. Kokku saadi eestis 206,9 tuhat ha rangelt kaitstavaid metsi, kus metsamajanduslikud tööd on täielikult keelatud. Seega neist metsadest biomassi seaduste järgi ei ole võimalik saada. Kaitsemetsi on eestis kokku 394,1 tuhat ha. Kaitsemetsi on väga erinevaid – osades saab teha peaaegu kõike metsamajanduslikke töid (sarnane tulundusmetsadega) kuni metsadeni, kus peaaegu üldse ei tohi teostada metsamajanduslikke töid (sarnane hoiumetsadega). Käesolevas töös arvestati kaitsemetsade toodangust kasutatavaks 50 % võrreldes sarnase tulundusmetsaga. Tulundusmetsi oli 1 805,2 tuhat ha.

Tabel 1.2. Metsade kaitsekategooriatesse jagunemine maakondade kaupa (H – hoiumets, K – kaitsemets, T – tulundusmets)

Metsa kaitse-kategoo-ria	Mulla-, põhi- ja metsaregistri kaardi liitmise tulemusena saadud metsade pindala, tuhat ha	Kaitse-kategoo-riate pind-alaline osakaal %	Metsaregistrisse kandmata metsade arvutuslik jagunemine kaitsekate-gooriatesse, tuhat ha	Põhikaardi metsad, millele ei olnud võimalik genereerida metsa andmeid, tuhat ha	Kokku, tuhat ha
Harju maakond					
H	15,07	11,5	12,49	0,24	27,79
K	33,41	25,5	27,69	0,54	61,64
T	82,49	63,0	68,37	1,33	152,18
Kokku	**130,96**	**100,0**	**108,54**	**2,10**	**241,61**
Hiiu maakond					
H	5,24	10,7	2,43	0,01	7,68
K	10,94	22,4	5,06	0,02	16,03
T	32,69	66,9	15,13	0,07	47,89
Kokku	**48,88**	**100,0**	**22,62**	**0,11**	**71,60**
Ida-Viru maakond					
H	15,35	10,4	5,47	0,20	21,01
K	16,30	11,1	5,81	0,21	22,32
T	115,54	78,5	41,17	1,50	158,20
Kokku	**147,18**	**100,0**	**52,44**	**1,91**	**201,53**
Järva maakond					
H	6,08	6,9	2,79	0,06	8,92
K	16,21	18,5	7,43	0,15	23,79
T	65,52	74,6	30,01	0,61	96,14
Kokku	**87,81**	**100,0**	**40,22**	**0,82**	**128,85**
Jõgeva maakond					
H	7,79	7,5	2,64	0,03	10,46
K	13,35	12,9	4,53	0,05	17,93
T	82,74	79,6	28,07	0,29	111,10
Kokku	**103,88**	**100,0**	**35,25**	**0,36**	**139,48**
Lääne maakond					

H	5,16	8,6	5,47	0,12	**10,75**
K	6,26	10,5	6,64	0,15	**13,04**
T	48,37	80,9	51,34	1,12	**100,83**
Kokku	**59,79**	**100,0**	**63,45**	**1,39**	**124,62**
Lääne-Viru maakond					
H	16,41	11,9	6,56	0,07	**23,04**
K	24,51	17,7	9,79	0,11	**34,41**
T	97,33	70,4	38,87	0,43	**136,63**
Kokku	**138,26**	**100,0**	**55,22**	**0,61**	**194,09**
Pärnu maakond					
H	20,46	9,8	6,35	0,08	**26,89**
K	27,58	13,1	8,56	0,10	**36,25**
T	161,72	77,1	50,19	0,60	**212,51**
Kokku	**209,76**	**100,0**	**65,10**	**0,78**	**275,65**
Põlva maakond					
H	2,74	3,1	0,82	0,01	**3,56**
K	10,75	12,3	3,23	0,02	**14,00**
T	73,81	84,5	22,16	0,15	**96,13**
Kokku	**87,30**	**100,0**	**26,21**	**0,18**	**113,69**
Rapla maakond					
H	6,82	6,4	3,97	0,03	**10,82**
K	19,70	18,6	11,47	0,09	**31,26**
T	79,58	75,0	46,35	0,37	**126,29**
Kokku	**106,09**	**100,0**	**61,79**	**0,49**	**168,38**
Saare maakond					
H	3,79	4,8	4,53	0,01	**8,32**
K	14,59	18,5	17,45	0,03	**32,07**
T	60,56	76,7	72,42	0,10	**133,08**
Kokku	**78,94**	**100,0**	**94,40**	**0,14**	**173,47**
Tartu maakond					
H	12,93	13,4	5,02	0,09	**18,04**
K	17,65	18,4	6,86	0,12	**24,62**
T	65,58	68,2	25,48	0,43	**91,49**
Kokku	**96,15**	**100,0**	**37,36**	**0,64**	**134,15**
Valga maakond					
H	8,86	9,5	2,46	0,05	**11,37**
K	17,14	18,4	4,76	0,09	**21,98**
T	67,21	72,1	18,66	0,35	**86,22**
Kokku	**93,21**	**100,0**	**25,87**	**0,49**	**119,57**
Viljandi maakond					
H	7,38	5,3	2,46	0,02	**9,86**
K	17,26	12,3	5,76	0,05	**23,07**
T	115,88	82,5	38,67	0,36	**154,91**
Kokku	**140,51**	**100,0**	**46,89**	**0,43**	**187,84**
Võru maakond					
H	6,01	6,3	2,29	0,04	**8,34**
K	15,61	16,5	5,95	0,09	**21,65**
T	73,26	77,2	27,91	0,44	**101,61**
Kokku	**94,89**	**100,0**	**36,14**	**0,57**	**131,60**
Eesti kokku					

H	140,08	8,6	65,74	1,04	**206,87**
K	261,26	16,1	130,98	1,82	**394,05**
T	1222,27	75,3	574,78	8,16	**1805,21**
Kokku	**1623,61**	**100,0**	**771,50**	**11,01**	**2406,13**

Tabelis 1.3 on toodud metsade keskmine aastane biomassi toodang. Arvutustes on arvestatud tulundusmetsade ja kaitsemetsade toodanguga, kusjuures kaitsemetsade toodang on 50% sarnase tulundusmetsa toodanguga. Kändude maht arvutati keskmise protsendi järgi tüvemahust. Kändude osakaal tüvemahust on okaspuudel (mänd, kuusk) 12%, pehmelehtpuudel (haab, kask, sanglepp, hall-lepp) 10% ja kõvalehtpuudel (saar, tamm) 20% (Krigul, 1971).

Tabel 1.3. Metsade pikaajaline keskmine toodang (HR – harvendusraie, LR – lageraie)

Puuliik	**Raieviis**	**Tarbepuit, tuhat tm/aasta**	**Küttepuit, tuhat tm/aasta**	**Kokku, tuhat tm/aasta**	**Oksad, tuhat tm/aasta**	**Kännud, tuhat tm/aasta**
Harju maakond						
Okaspuud	HR	113,29	1,11	*114,40*	25,79	
	LR	249,37	16,69	*266,06*	32,54	39,22
Lehtpuud	HR	74,58	22,94	*97,53*	35,76	
	LR	130,84	39,14	*169,98*	23,25	22,39
Kokku		**568,08**	**79,88**	***647,96***	**117,34**	**61,61**
Hiiu maakond						
Okaspuud	HR	32,84	0,42	*33,25*	7,41	
	LR	68,32	4,79	*73,10*	9,09	10,80
Lehtpuud	HR	22,74	6,91	*29,65*	11,06	
	LR	40,26	12,33	*52,59*	7,28	6,92
Kokku		**164,15**	**24,45**	***188,60***	**34,84**	**17,72**
Ida-Viru maakond						
Okaspuud	HR	101,62	0,82	*102,44*	22,53	
	LR	211,85	12,56	*224,42*	27,15	33,02
Lehtpuud	HR	83,10	23,71	*106,81*	37,82	
	LR	134,08	35,47	*169,55*	22,24	22,16
Kokku		**530,65**	**72,56**	***603,21***	**109,74**	**55,18**
Järva maakond						
Okaspuud	HR	71,71	0,64	*72,35*	15,83	
	LR	160,98	10,05	*171,03*	20,64	25,13
Lehtpuud	HR	56,06	16,20	*72,26*	26,35	
	LR	96,93	25,95	*122,87*	16,41	16,12
Kokku		**385,68**	**52,83**	***438,51***	**79,23**	**41,25**
Jõgeva maakond						
Okaspuud	HR	75,42	0,59	*76,01*	16,08	
	LR	168,04	10,33	*178,37*	21,42	26,17
Lehtpuud	HR	87,21	24,91	*112,12*	39,96	
	LR	144,72	35,94	*180,66*	23,41	23,61
Kokku		**475,39**	**71,77**	***547,16***	**100,87**	**49,78**
Lääne maakond						

Okaspuud	HR	54,21	0,75	*54,95*	12,05	
	LR	125,94	9,84	*135,78*	16,85	20,02
Lehtpuud	HR	59,00	18,73	*77,74*	28,25	
	LR	99,80	30,29	*130,09*	17,84	17,12
Kokku		**338,96**	**59,61**	***398,56***	**74,99**	**37,14**
Lääne-Viru maakond						
Okaspuud	HR	124,29	0,87	*125,16*	26,91	
	LR	274,06	16,15	*290,20*	34,47	42,56
Lehtpuud	HR	78,48	22,00	*100,48*	35,57	
	LR	129,50	34,47	*163,97*	21,31	21,52
Kokku		**606,33**	**73,48**	***679,81***	**118,26**	**64,09**
Pärnu maakond						
Okaspuud	HR	145,77	1,19	*146,97*	31,91	
	LR	317,76	20,16	*337,91*	40,88	49,67
Lehtpuud	HR	142,52	41,05	*183,57*	64,83	
	LR	227,91	60,22	*288,12*	37,79	37,67
Kokku		**833,95**	**122,62**	***956,57***	**175,41**	**87,34**
Põlva maakond						
Okaspuud	HR	132,14	0,38	*132,52*	28,19	
	LR	240,02	8,73	*248,75*	28,99	36,44
Lehtpuud	HR	48,35	9,68	*58,04*	19,98	
	LR	79,19	15,28	*94,47*	11,45	12,23
Kokku		**499,71**	**34,07**	***533,78***	**88,60**	**48,67**
Rapla maakond						
Okaspuud	HR	86,07	0,81	*86,88*	18,91	
	LR	200,69	14,15	*214,84*	26,01	31,58
Lehtpuud	HR	78,25	23,58	*101,83*	36,40	
	LR	129,39	36,92	*166,31*	22,24	21,89
Kokku		**494,41**	**75,46**	***569,86***	**103,57**	**53,47**
Saare maakond						
Okaspuud	HR	81,36	0,92	*82,28*	18,16	
	LR	194,78	15,25	*210,02*	25,84	30,96
Lehtpuud	HR	63,97	20,96	*84,93*	31,00	
	LR	112,34	36,00	*148,35*	20,69	19,72
Kokku		**452,45**	**73,13**	***525,58***	**95,69**	**50,68**
Tartu maakond						
Okaspuud	HR	88,09	0,50	*88,59*	18,60	
	LR	177,13	8,84	*185,97*	22,03	27,25
Lehtpuud	HR	69,81	17,95	*87,77*	31,06	
	LR	115,98	26,48	*142,46*	18,10	18,57
Kokku		**451,02**	**53,77**	***504,79***	**89,80**	**45,82**
Valga maakond						
Okaspuud	HR	102,18	0,44	*102,62*	21,83	
	LR	198,77	8,76	*207,52*	24,38	30,41

Lehtpuud	HR	52,48	12,17	*64,65*	22,71	
	LR	87,23	18,87	*106,10*	13,27	13,80
Kokku		**440,65**	**40,24**	***480,89***	**82,19**	**44,21**
Viljandi maakond						
Okaspuud	HR	126,06	0,81	*126,87*	27,01	
	LR	261,87	14,20	*276,07*	32,99	40,50
Lehtpuud	HR	113,45	30,02	*143,46*	50,67	
	LR	185,24	43,69	*228,93*	29,27	29,85
Kokku		**686,61**	**88,72**	***775,33***	**139,94**	**70,35**
Võru maakond						
Okaspuud	HR	128,02	0,46	*128,48*	27,31	
	LR	240,84	9,67	*250,52*	29,29	36,70
Lehtpuud	HR	55,07	11,72	*66,80*	23,23	
	LR	91,36	18,63	*109,99*	13,51	14,27
Kokku		**515,30**	**40,49**	***555,79***	**93,33**	**50,97**
Eesti kokku						
Okaspuud	HR	1463,06	10,71	*1473,77*	318,52	
	LR	3090,41	180,16	*3270,58*	392,56	480,43
Lehtpuud	HR	1085,08	302,54	*1387,62*	494,67	
	LR	1804,78	469,66	*2274,44*	298,05	297,84
Kokku		**7443,33**	**963,08**	***8406,40***	**1503,80**	**778,27**

Tabelist 1.3 nähtub, et kokku võiks eesti metsadest raiuda igal aastal 8 406 tuhat tm puitu, millest traditsioonilist küttepuitu on 963 tuhat tm. Viimane on täielikult tootmises ja tarbimises. Samas on peaaegu kasutamata raiejäätmed, mille moodustavad peened ladvaotsad ja oksad. Neid on võimalik koguda igal aastal 1503 tuhat tm. Lisaks on võimalik kütteks kasutada kände, mis seniajani täielikult on metsa jäetud. Antud arvutustes kasutati vaid lageraiest saadavaid kände, sest harvendusraiest kändude juurimine põhjustaks põhjendamatuid vigastusi kasvamajäävatele puudele. Lageraiest saadavate potentsiaalsete kändude hulk on 778 tuhat tm. Senine praktika Soomes piirdub vaid okaspuukändude juurimisega. Okaspuukände eesti metsadest võiks igal aastal saada 480 tuhat tm.

Teoreetilises osas saadi lageraietel keskmiseks raiejäätmete osakaaluks metsa tagavarast 10%, harvendusraietel 20%. Eelmisel peatükis saadi välitööde tulemusena vastavaks arvuks lageraietel 20,58%. Arvude erinevuse põhjuseid on mitmeid:

1) Teoreetilises osas ei arvestatud alusmetsa tagavaraga. Alusmetsa moodustavad mitmesugused põõsad ja väiksemad puud. Mida viljakam kasvukoht, seda rohkem alusmetsa;
2) 32 langi mõõtmise tulemusel on suhtelilest suur viga. Täpsemate tulemuste saamiseks oleks vaja rohkem vaatlusandmeid;
3) Raietel ei pruugita alati kõike sortimente kokku korjata. Tihti jäävad langile vedelema juhuslikult väärtuslikke sortimente. Vahel on vaja puu omaduste tõttu lõigata tüvest välja lühikesi lõike, mis jäävad langile.

Kui arvestada, et lageraietel on tegelikuks raiejäätmete osakaaluks 20,58%, siis saaksime potentsiaalseks raiejäätmete mahtudeks lageraietelt 1421,28 tuhat tm praeguste arvutuste 690,61 tuhande tm asemele. On alust arvata, et ka harvendusraietel on raiejäätmete mahud mõnevõrra suuremad esitatud 813,19 tuhat tm-st. Seega välitööde tulemusi arvestades võiks olla raiejäätmete tegelikud mahud mitte 1503,80 tuhat tm vaid vähemalt 2500 tuhat tm. Samas on selge, et

metsamajanduses kasutatavad masinad ei suuda kätte saada kõike raiejäätmeid ja tabelis 1.3 toodud mahud võib lugeda reaalseteks kättesaadavateks mahtudeks.

Et kogu metsade potentsiaal välja tuua, siis arvutati Eesti peale kokku ka potentsiaalne puidutoodang arvestamata metsa kaitsekategooriaid. Tabelis 1.4 on toodud eesti metsade pikaajaline keskmine aastatoodang eeldusel, et kõik eesti metsad on tulundusmetsad. Viimasel juhul oleks võimalik koguda igal aastal 9 844 tuhat tm likviidset puitu, millest traditsiooniline küttepuit moodustaks 1 318 tuht tm. Raiejäätmeid okste ja latvade näol oleks sel juhul 1764 tuhat tm ning kändusid lageraiest 913 tuhat tm, millest omakorda okaspuukände oleks 568 tuhat tm. Seega jääb igal aastal saamata metsakaitserežiimide tõttu 1 438 tm likviidset materjali, 261 tuhat tm raiejäätmeid ja 135 tuhat tm kände.

Tabel 1.4. Metsade potentsiaalne igaastane toodang kui kõik metsad oleksid majandatavad tulundusmetsad.

Puuliik	Raieviis	Tarbepuit, tuhat tm/aasta	Küttepuit, tuhat tm/aasta	Kokku, tuhat tm/aasta	Oksad, tuhat tm/aasta	Kännud, tuhat tm/aasta
Okaspuud	HR	1207,84	394,71	1602,55	572,72	
	LR	1942,73	696,76	2639,49	347,43	345,84
Lehtpuud	HR	1726,54	12,77	1739,31	378,51	
	LR	3648,50	213,66	3862,16	464,87	567,63
Kokku		**8525,61**	**1317,90**	**9843,51**	**913,47**	**1763,53**

1.3. Mittemetsamaadelt saadav biomass

Puitkütuste energeetilise potentsiaali hindamisel tuleb lisaks metsast saadavatele puitkütustele arvesse võtta ka mittemetsamaadelt (elektriliinide, kraavide, teede jt trassid, pargid, aiandid jne.) raiutav biomass. Antud aruandes on esitatud hinnang elektriliinide trassidelt raiutava võsa energeetilisele potentsiaalile.

Et saada elektriliinitrassidelt saadavat biomassi, on esmalt vaja teada trasside alla jäävaid pindalasid. Elektriliinide pikkused on toodud tabelis 1.5, elektriliinitrasside pindalad tabelis 1.6 ja metsi läbivate elektriliinitrasside pindalad tabelis 1.7. Elektriliinide pikkused leiti Eesti Energia andmete alusel. Osad jaotusvõrgualad ei kuulu Eesti Energiale. Viimaste pikkused saadi Risto Mitti magistritööst (Mitt, 2006). Kui põlde ja rohumaid ületavate liinide alune on võimalik kasutada põllumajandusmaadena, siis metsi läbivaid liinitrasse ei kasutata. Mõne aasta tagant niidetakse neilt aladelt võsa ning mahaniidetud puu- ja põõsataimed jäävad maha kõdunema. Mahaniidetavaid puittaimi on aga otstarbekas kasutada energia tootmiseks. Osad alad elektriliinide all on oma omaduste tõttu otstarbekas kasutada rohtse massi kasvatamiseks. Seni on tegemata liinide alla jäävate alade muldade arvutused, mis lubavad ennustada erinevate taimede kasvamist, ning kasvavate taimede koguseid. Puittaimede energeetilist potentsiaali elektriliinide trassidelt uuris Risto Mitt oma magistritöös (Mitt, 2006) ja Imre Meinberg koos Mikk Värimäega oma bakalauruse töös (Meinberg jt, 2007). Viimased kasutasid raieringiks 3 aastat, ning kõik edasised arvutused on tehtud 3-aastast raieringi arvestades. Ilmselt 3-aastane raiering ei ole kõige tootlikum ning ka siin oleks vaja teha veel uuringuid. 3-aastase raieringi puhul kasvab keskmiselt hektari kohta madalpinge trasssidel (0,4 kV) 1,42 tonni aastas, 20-meetristel trassidel (6-20 kV) 1,66 tonni aastas, 50-meetristel trassidel (35-110 kV) 0,66 tonni aastas ja 80-meetristel (220-330 kV) 0,73

tonni aastas. Metsi läbivate trasside alla jäävad pindalad korrutati läbi keskmise puidukasvuga antud aladel ning saadi potentsiaalsed igaaastased puidukogused. Viimased on toodud tabelis 1.8.

Tabel 1.5. Elektriliinide pikkused maakondade kaupa

Maakond	Elektriliinide pikkused, km		
	Põhivõrk	Jaotusvõrk	Madalpinge
Harju maakond	924,6	2665,9	4091,9
Hiiu maakond	0,0	507,0	505,4
Ida-Viru maakond	1103,7	1204,8	1350,9
Jõgeva maakond	266,2	1172,9	1937,4
Järva maakond	300,3	1157,6	1556,4
Lääne maakond	239,0	1184,0	1224,3
Lääne-Viru maakond	464,7	1915,2	2464,2
Põlva maakond	162,3	1207,5	2007,0
Pärnu maakond	298,8	2074,0	2728,7
Rapla maakond	202,1	1415,2	1936,0
Saare maakond	170,9	1421,4	1470,4
Tartu maakond	416,0	1527,1	2951,9
Valga maakond	241,8	938,1	1764,0
Viljandi maakond	118,1	1660,1	2570,6
Võru maakond	118,3	1222,6	2220,2
Kokku	**5027**	**21273**	**30779**

Tabel 1.6. Elektriliinitrasside allajäävad alad maakondade kaupa

Maakond	Elektriliinitrasside pindala, ha			
	Põhivõrk	Jaotusvõrk	Madalpinge	Kokku
Harju maakond	5097	6048	2728	**13873**
Hiiu maakond		1278	337	**1615**
Ida-Viru maakond	7408	3253	901	**11561**
Jõgeva maakond	1679	2511	1292	**5482**
Järva maakond	1906	2586	1038	**5530**
Lääne maakond	1140	2516	816	**4472**
Lääne-Viru maakond	2818	4455	1643	**8916**
Põlva maakond	996	2661	1338	**4995**
Pärnu maakond	1585	4720	1819	**8124**
Rapla maakond	1114	3233	1291	**5638**
Saare maakond	815	3222	980	**5017**
Tartu maakond	2593	3155	1968	**7716**
Valga maakond	1426	1929	1176	**4531**
Viljandi maakond	563	3581	1714	**5858**
Võru maakond	564	2664	1480	**4708**
Kokku	**29705**	**47810**	**20519**	**98035**

Tabel 1.7. Metsi läbivate elektriliinitrasside alad maakondade kaupa

Maakond	Metsi läbivate elektriliinitrasside pindala, ha			
	Põhivõrk	Jaotusvõrk	Madalpinge	Kokku
Harju maakond	2709	2214	614	**5536**
Hiiu maakond	0	497	76	**572**
Ida-Viru maakond	4413	1308	203	**5924**
Jõgeva maakond	969	885	291	**2144**

Järva maakond	1103	937	233	**2274**
Lääne maakond	541	882	184	**1607**
Lääne-Viru maakond	1590	1656	370	**3615**
Põlva maakond	566	956	301	**1823**
Pärnu maakond	820	1731	409	**2960**
Rapla maakond	592	1188	290	**2071**
Saare maakond	387	1179	221	**1786**
Tartu maakond	1486	1084	443	**3013**
Valga maakond	792	661	265	**1717**
Viljandi maakond	268	1268	386	**1921**
Võru maakond	268	950	333	**1551**
Kokku	**16504**	**17394**	**4616**	**38514**

Tabel 1.8. Metsi läbivate elektriliinitrasside alade potentsiaalsed puidutoodangud maakondade kaupa 3-aastase raieringi puhul

Maakond	Metsi läbivate elektriliinitrasside toodang, t/aasta			
	Põhivõrk	Jaotusvõrk	Madalpinge	Kokku
Harju maakond	1864	2996	871	**5731**
Hiiu maakond	0	591	108	**698**
Ida-Viru maakond	3152	1439	288	**4879**
Jõgeva maakond	685	1293	413	**2391**
Järva maakond	781	1294	331	**2407**
Lääne maakond	357	1302	261	**1920**
Lääne-Viru maakond	1116	2170	525	**3811**
Põlva maakond	398	1344	427	**2169**
Pärnu maakond	559	2333	581	**3473**
Rapla maakond	408	1594	412	**2414**
Saare maakond	255	1597	313	**2165**
Tartu maakond	1049	1665	629	**3342**
Valga maakond	553	1021	376	**1950**
Viljandi maakond	177	1835	547	**2559**
Võru maakond	177	1356	473	**2005**
Kokku	**11531**	**23830**	**6555**	**41916**

1.4. Puidutööstuse jäätmed

Puidu töötlemise käigus tekib suures koguses jäätmeid, mida saab kasutada nii väärindatud puitkütuste tootmisel kui ka katlamajade kütusena töötlemata kujul. Eesti Metsatööstuse Liidu andmetel on Eesti saetööstuse aastane toomispotentsiaal tasemel 1,9 milj. m^3 ja toormevajadus 4 milj. m^3. Langenud raiemahtude tõttu kodumaisest toormest saetööstuste varustamiseks ei piisa ja osa vajalikust toormest imporditakse. Seetõttu lisaks kodumaise päritoluga puidule tuleb turule veel täiendav kogus importtoorme töötlemise tulemusel tekkivaid jäätmeid, mida saab kasutada energeetikas. Saetööstuste pikaajaliste kogemused näitavad, et puidu töötlemisel tekib 10…15% saepuru ja 10…12% puukoort. Seega Eesti saetööstustes tekkiva saepuru koguseks võib hinnata 0,6 milj. m^3 (ehk 1,5 milj. m^3_{puiste}) ja koore koguseks 0,5 milj. m^3 . Täiendavad kogused puidutöötlemise jäätmeid tekib mööbli-, vineeri-, plaadi-, liimpuidu- ja teistes tööstustes.

Kui pärast iseseisvuse taastamist esimesel kümnendil suurte katlamajade peamiseks kütuseks olid jäätmed saetööstustest, siis nüüd on olukord muutunud. Saetööstused on hakanud kasutama palkide

koorimist ja selliste palkide saagimisel kõrvalsaadusena tekkiv saepuru ja hakkpuit leiab kasutamist pelleti- või tselluloosi tööstustes. Ainsaks energeetikas kasutatavaks toormeks on jäänud puukoor ja selle hinnangulised kogused on esitatud järgnevas tabelis 1.9.

Tabel 1.9. Eesti suurimad saevabrikud

Nimetus	Tootmismaht, milj. m^3	Töötlemisel tekkiva puukoore maht	
		tuh. m^3	TJ
AS Imavere Saeveski	367	88	466,4
AS Paikuse Saeveski	187.5	45	238,5
AS Toftan	118.5	28	148,4
AS Sauga Saeveski	tootmine peatatud		
AS Näpi Saeveski	102	24	127,2
Viiratsi Saeveski	92.4	22	116,6
Balcas	74	18	95,4
Vara Saeveski	61.8	15	79,5
Aegviidu Saeveski	60.1	14	74,2
Finnforest	57.2	13,7	72,61
Sakala Saeveski	41.5	10	53
Natural	37.6	9	47,7
Haret	10.7	2,5	13,25
Ecobirch	18	4	21,2
Barrus	10.8	2,6	13,78
Erapuit	10.3	2,5	13,25

* puukoore küteväärtus 5,3 GJ/ m^3

Väiksemate saevabrikute kohta täpsemad andmed puuduvad. Suur osa neist töötab osalise tööajaga või teeb ainult tellimustöid kohalikule turule ja seetõttu tootmismahud ametlikus ststistikas ei kajastu. Hinnanguliselt on sellistes saetööstustes tekkiva koore maht 500 tuh.m^3 (2,65 PJ). Suured saevabrikud kasutavad puukoort peamise kütusena tehnoloogilise soojuse (eelkõige puidukuivatite küte) tootmisel ja teistele soojatootjatele jäävad väikesed kogused.

Kokkuvõte

Metsast saadava potentsiaalse biomassi leidmiseks kasutati nelja kaardikihti:

1) Eesti põhikaardi pindade kiht;
2) Eesti mullakaart;
3) Eesti metsaregistri kaardikiht;
4) Eesti omavalitsuste pindade kiht.

Lisaks kasutati andmeanalüüsil metsaregistris olevate metsade takseerandmeid ning muldade tabeleid. Antud andmete põhjal loodi mudelid metsade arvutamiseks muldade järgi. Põhikaardi looduslikud alad arvutati läbi eelmises lõigus kirjeldatud mudelitega ning nii saadi metsade pindalad ja omadused ning arvutati metsamaadele pikaajalised keskmised aastatoodangud. Saadud tulemuste põhjal võib märkida järgmist:

1. Arvutuste järgi võiks eesti metsadest raiuda igal aastal 8 406 tuhat tm puitu, millest traditsioonilist küttepuitu on **963 tuhat tm.** Viimane on täielikult tootmises ja tarbimises.

2. Seni on peaaegu kasutamata raiejäätmed, mille moodustavad peened ladvaotsad ja oksad. Neid on võimalik koguda igal aastal **1503 tuhat tm.**

3. Lisaks on võimalik kütteks kasutada kände, mis seniajani täielikult on metsa jäetud. Antud arvutustes kasutati vaid lageraiest saadavaid kände, sest harvendusraiest kändude juurimine põhjustaks põhjendamatuid vigastusi kasvamajäävatele puudele. Lageraiest saadavate potentsiaalsete kändude hulk on 778 tuhat tm. Senine praktika Soomes piirdub vaid okaspuukändude juurimisega. Okaspuukände Eesti metsadest võiks igal aastal saada **480 tuhat tm**. Kuna 25% eesti metsadest on kaitse all, siis potentsiaalne raiemaht oleks väiksem.

4. Puitkütuste energeetilise potentsiaali hindamisel tuleb lisaks metsast saadavatele puitkütustele arvesse võtta ka mittemetsamaadelt (elektriliinide, kraavide, teede jt trassid, pargid, aiandid jne.) raiutav biomass. Antud aruandes on esitatud hinnang elektriliinide trassidelt raiutava võsa energeetilisele potentsiaalile. Kuna tegemist on looduslike aladega, kus suurem osa kasvavast biomassist on rohtne, siis isekasvava puidu toodang on suhteliselt tagasihoidlik. Kokku saadi elektriliinide kogupikkuseks ca 57 tuhat km. Metsi läbivate elektriliinitrasside alla jääb 38,5 tuhat ha, mis keskmiselt toodavad aastas ca **42 tuhat tonni puitu ehk 521 TJ energiat.**

5. Eesti saetööstustes tekkiva saepuru koguseks võib hinnata **0,6 milj. m^3 (3 180 TJ)** (ehk 1,5 milj. m^3_{puiste}) ja koore koguseks **0,5 milj. m^3 (2 650 TJ)**. Täiendavad kogused puidutöötlemise jäätmeid tekib mööbli-, vineeri-, plaadi-, liimpuidu- ja teistes tööstustes.

6. Kuna saepuru leiab kasutamist pelletite tootmise toorainena ja suured saevabrikud kasutavad puukoort peamise kütusena tehnoloogilise soojuse (eelkõige puidukuivatite küte) tootmisel, siis teistele soojatootjatele jäävad puidutöötlemise jäätmetest kasutada vaid väikesed kogused.

2008. aastal jätkatakse uuringuid järgmistes järgmistes küsimustes:

1. Metsade pindalad käesolevas projektis on veidi üle pingutatud, sest metsade pindaladest on maha lahutamata mitmete joonelementide (teetrassid, kraavitrassid, metsasihid ja madalpingeliinid) pindalad. Viimased toodavad ka küll biomassi, kuid nende toodangu iseloom on teistsugune – puittaimede puhul ei kasvata need alad näiteks palke, paberipuid vaid kogu toodang on küttepuu. Samuti on võimalik mitmetelt trasside koguda rohtset biomassi. Ettepanek arvutada tulevikus ka joonelementide pindalad ning arvestada saadud suurused maha metsade pindalast;

2. Osa põhikaardil kujutatud põõsastikke, soid ja rabasid on tegelikult kaetud metsaga. See ilmnes tänu metsaregistri andmetele ja sai käesolevas töös arvestatud. Samas oleks vaja arvutada võimalikud biomassitoodangud ka metsaga mittekaetud põõsastikele, madalsoodele ja raskestiläbitavatele soodele. Sama ka haljasaladele;

3. Puittaimede kasvamisel elektriliinitrassidel tuleks täiendavalt uurida ja välja arvutada suurima toodanguga raieringid;

4. Vaja oleks teostada elektriliinitrasside alade viljakuse analüüs. Paljud neist aladest sobivad hästi puitmassi kasvatamiseks, paljud aga rohtse massi kasvatamiseks. Samuti tuleks mingisugused pindalad maha arvutada elektripostide arvelt;

5. Kuna metsaregister järjest täieneb, siis kordusarvutamisel tuleks metsade andmeid täpsustada ja eriti vajaksid täpsustamist erametsade andmed;

6. Vajalik on puiduressursi energiatoormena kasutamise täpsustatud bilansi koostamine, hinnangu andmine biomassi füüsilisele ja majanduslikule kättesaadavusele;

7. Vaja on teostada puidumassi kasutamist piiravate ja soodustavate tegurite (sh keskkonnakaitseliste) täpsustatud analüüs ja tuua välja nende mõju puitkütuste kasutatave ressursile;

8. Tuleb anda ülevaade puidu energeetilise kasutamise mikro- ja makroökonoomikast;

9. Lähtudes eelnevatest analüüsidest töötada välja ettepanekud ametliku korralduse (õigusaktid, majandushoovad jms) muutmiseks puidu biomassi otstarbekama kasutamise saavutamiseks.

Kasutatud kirjandus

Kiviste, A. 1995. Eesti Riigimetsa puistute kõrguse, diameetri ja tagavara sõltuvus puistu vanusest ja kasvukohatingimustest 1984. - 1993. a. metsakorralduse takseerkirjelduste andmeil. EPMÜ teadustööde kogumik nr. 181. Tartu, lk. 132-148.

Kiviste, A. 1997. Eesti Riigimetsa puistute kõrguse, diameetri ja tagavara vanuseridade diferentsmudel 1984. - 1993. a. metsakorralduse takseerkirjelduste andmeil. EPMÜ teadustööde kogumik nr. 189. Tartu, lk. 63-75.

Kiviste, A. 1999. Eesti puistute kasvumudelitest. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised nr. 32. Pidev metsakorraldus. Tartu, lk. 28-36.

Korjus, H. 1999. Hooldusraiete mudelitest. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised nr. 32. Pidev metsakorraldus. Tartu, lk. 44-49.

Krigul, T. 1971. Metsataksaatori teatmik. Eesti Põllumajanduse Akadeemia. Tartu, 151 lk.

Meinberg, I., Värimäe, M. 2007. Elektriliinide trassidelt saadava võsa energeetilise potentsiaali määramine kolmeaastase taieringi korral. Bakalaurusetöö. 83 lk.

Mitt, R. 2006. Elektriliinide trassidelt saadava võsa energeetiline potentsiaal. M.Sc. thesis

Padari, A. 1999. Kasvava metsa hindamisest. Sortimendid ja rikked. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised nr. 32. Pidev metsakorraldus. Tartu, lk. 37-43.

Нормативы для таксаций леса Латвийской ССР. Рига 1988.

2. Tööstus- ja olmejäätmete kui biomassi ressursi hindamine

(Koostaja: M. Kriipsalu)

Uuringu lähteülesanded

Uuring peab:

1) Koostama tööstus- ja olmejäätmete biomassi bilansi eri jäätmeliikide kaupa, mis toob välja biomassi arvestusliku ressursi.
   a. Andma ülevaate jäätmete biomassist eri liikide kaupa maakondade lõikes või prügilate teeninduspiirkondade lõikes
   b. Selgitama välja energiarikaste erijäätmete loetelu ja esialgse hulga (n loomsed jäätmed, setted), mis uuringu teises etapis täpsemat käsitlemist vajaks.
2) Andma ülevaate tööstus- ja olmejäätmete utiliseerimise viisidest, mahust ja otstarbekusest 2005 aasta andmete baasil (andmete olemasolu korral – ka 2006.a. andmeid arvestades). Hindama jäätmete biomassi käitlemise väljavaadeteid võrreldes praegusega;
3) Hindama jäätmete biomassi kasutamise perspektiivi energiamajanduses, sh biojäätmete säästlikuma kasutamise väljavaateid Eestis;
4) Analüüsima jäätmete biomassi kasutamist piiravaid ja soodustavaid tegureid (sh keskkonnakaitselisi);
5) Analüüsima jäätmete ajutise ladustamisega seotud küsimusi.

2007. aasta tulemuseks peab olema analüüs, mis annab ülevaate biomassina käsitletavate tööstus- ja olmejäätmete arvestuslikust ressursist ning jäätmete biomassi kasutamist piiravatest ja soodustavatest teguritest.

Uuringu tulemusena tuleb esitada ettepanekud „Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava 2007-2013" teise etapi rakendamiseks, vajalike meetmete rakendamise põhjendused ja hinnanguline eelarve ning vajadusel juriidiliselt korrektsed ettepanekud õigusaktide muutmiseks.

2.1. Tööstus- ja olmejäätmete biomass

Jäätmete biomassi bilanss eri liikide kaupa maakondade lõikes

Jäätmete koguhulk Eestis oli 2006. aastal 20 012 488 tonni (Statistikaamet, 2006). Sellest taaskasutati 7457581 t ja ladestati 10972756 t. Põhilise osa jäätmetest moodustavad jäätmed põlevkivitööstusest ja elektrijaamadest. Jäätmete üldhulk kasvab (lisa 1). Olmejäätmete hulk jäätmevoos on väga väike ja ulatub Eestis 3–3,5 %-ni. Maakonniti on jäätmete hulk erinev. Lisas 2 on jäätmekäitluse üldandmed 2005 aastal maakonnande lõikes, lisas 3 olmejäätmete hulk.

Energiarikaste jäätmete loetelu ja hulk

Jäätmetekke ja jäätmete edasise käitlemise andmete aluseks on Jäätmete, sealhulgas ohtlike jäätmete nimistu (RTI 2004, 23, 155).

Olmejäätmed

Olmejäätmeteks loetakse jäätmeid kodumajapidamisest ning kaubanduses, teeninduses või mujal tekkinud oma koostise ja omaduste poolest samalaadsed jäätmed (st kood 20 kokku). (Jäätmeseadus). Olmejäätmete osa kogu jäätmetekkest on hinnatud ligikaudu 3% (Eesti…, 2003). Arvestades ka pakendijäätmetega, oli olmejäätmete (kodumajapidamised ja ettevõtetes tekkivad

samalaadsed jäätmed) tekke, kõrvaldamine ja üldine taaskasutamine 2005. aastal järgmine (ITK, Riigi Jäätmekava 2008-2013 eelnõu):

- olmejäätmete teke 487 000 tonni, sellest:
- ladestatud prügilasse 370 000 tonni
- taaskasutamine (s.h pakendijäätmed) 93 000 tonni (sh pakend 44000 t)
- omakäitlus kodumajapidamistes 24 000 tonni

Suur osa Eesti elanikkonnast ja ka ettevõtlusest on koondunud Tallinnasse ja seda ümbritsevasse piirkonda, kus tekib ka valdav osa olmejäätmetest (ca 50%). Elaniku kohta tekib Eestis keskmiselt inimese kohta 361 kg olmejäätmeid aastas, seejuures Tallinnas ja Harjumaal 445 kg, Tartumaal 410 kg. Olmejäätmete hulkinimese kohta oleneb paljudest teguritest. Eestis on täheldatud, et suuremates linnades tekib olmejäätmeid oluliselt rohkem kui ääremaal. Kiis (2002) on näidanud, et jäätmete hulk elaniku kohta on erinev (Keskkonnatehnika 4/02):

- suurtes asulates: 300-350 kg/in·a
- hõreda asustuse korral: 128-138 kg/in·a
- ääremaal: 86-92 kg/in·a

Kodumajapidamises tekkinud olmejäätmeid on mõõdetud ligikaudu 200 kg (Tallinna…, 2005), mis teeb osakaaluks 50%. Selle osa kogumist saab määrata korraldatud jäätmeveo abil. Ehkki omaduste poolest sarnased, on ülejäänud jäätmete kogumine veofirma ning ettevõtte, kus need tekkisid, vaheline asi.
Olmejäätmete hulk ei ole stabiilne. Nagu näha lisast 4, vähenes nende üldhulk aastatel 2000-2001. see on arvatavasti tingitud jäätmearuandluse korrastumise ja jäätmete kaalumisega prügilates.
Alates 2001 on olmejäätmete hulk pidevalt kasvanud (lisa 4). Olmejäätmete hulga prognoosimisel on kasutatakse sisemajanduse kogutoodangu (SKT) ostujõu indeksi ja jäätmetekke vahelist seost. Statistikaamet ei prognoosi küll SKT ostujõuindeksi kasvu, kuid kaudse hinnangu saab siin anda SKP eratarbimiskulutuste kasvu prognoosiga, mis on ca 6,2% aastas. Lähtudes Euroopa Liidu liikmesriikide olmejäätmete tekkekoguste hinnangust, võiks eeldada, et olmejäätmete kogus suureneb keskmiselt 5% aastas kuni aastani 2013 (lisa 5) (Riigi Jäätmekava 2008-2013). Eeldada võib, et olmejäätmete koguse kasv on suurem lähiaastatel, ning edaspidi väheneb vastavalt majanduskasvu stabiliseerumisega.
Seega võib olmejäätmete kogus suureneda 2013. aastaks ca 213 000 tonni võrra e 700 000 tonni. Selline kasv saavutatakse maksimaalse majanduskasvu korral.

Olmejäätmete koostis

Olmejäätmete koostis oleneb paljudest asjaoludest, sh elamutüübist ja äraveoteenuse arengustaadiumist. Pakendi- ja jäätmeregistri andmetel ning jäätmekäitlejate hinnangute alusel iseloomustatakse olmejäätmeid lisas 3. Paberi ja papi osakaal on 19%, köögijäätmeid 28&%, aiajäätmeid 12%, puitu 3% ja muid põlevmaterjale 6%. Summaarset põlevmaterjali osakaalu on hinnatud ligi 80%, biojäätmeid on 65,5%, pakendijäätmeid 27% (lisa 6).
Tallinna ja Helsinki olmejäätmete koostist on hinnatud lisas 7. Töö annab ülevaate võimalikest muudatustest olmejäätmete koostises Tallinnas elatustaseme tõusu korral (Tallinna ja Helsinki…, 2005).

Pakendijäätmed

Olmejäätmetest kuni 25-30 % massi järgi moodustavad erinevate uuringute järgi pakendijäätmed ning nende osa pidevalt kasvab. Prognooside kohaselt kasvab plastijäätmete osatähtsus. Pakendijäätmete osatähtsust olmejäätmetes on antud lisas 8 ning pakendijäätmete tekkeprognoos lisas 9.

Vastavalt Pakendiseadusele pidi pakendijäätmete taaskasutamine juba 2001. aasta 30. juuniks moodustama vähemalt 50% jäätmete kogumassist. Tegelikkuses taaskasutati 2001. aastal hinnangulisest pakendijäätmete tekkest 14%. Seadusega kehtestatud sihtarvu ei suudetud saavutada 2003. aastaks, mil taaskasutamisse suunati ligi 25% tekkinud pakendijäätmetest. Taaskasutamise sihtarvud:
Alates 2004. aasta 1. maist peab pakendiettevõtja välja arvatud isik, kes müüb pakendatud kaupa, tagama oma pakendatud kauba ja sisseveetud pakendatud kauba pakendijäätmete taaskasutamise järgmises ulatuses:

- pakendijäätmete kogumassist vähemalt 50 protsenti aastas;
- pakendijäätmete kogumassist ringlussevõtuna vähemalt 25 protsenti aastas ja iga pakendimaterjali liigi kogumassist vähemalt 15 protsenti aastas.

Alates 01.01.2012. a peab pakendiettevõtja, välja arvatud isik, kes müüb pakendatud kaupa, tagama pakendijäätmete taaskasutamise järgmises ulatuses:

- pakendijäätmete kogumassist vähemalt 60 protsendi ulatuses aastas;
- pakendijäätmete kogumassist ringlussevõetuna vähemalt 55 ja mitte üle 80 protsendi ulatuses aastas.

Lisaks tuleb saavutada materjalipõhiselt järgmised minimaalsed ringlussevõtu eesmärgid:

- 60% klaasi massist
- 60% paberi ja kartongi massist
- 50% metalli massist
- 22,5% plasti massist, arvestades vaid materjali mis töödeldakse plastiks
- 15% puidu massist.

Prognoos**:** Pakendijäätmete kogus kasvab, moodustades ca 200000 tonni aastaks 2013.

Biolagunevad jäätmed

Biolagunevate jäätmete osatähtsus olmejäätmetes on 65%, e 2005. a tekkis neid jäätmeid ca 320 000 tonni. Lisa 10 iseloomustab biolagunevaid jäätmete koostist. 2005. a ladestati koos olmejäätmetega prügilasse ca 260000 tonni biolagunevaid jäätmeid.
Vastavalt Jäätmeseadusele peab biolagunevate jäätmete osatähtsus vähenema prügilatesse ladestatavate olmejäätmete hulgas – alates 16. juulist 2010. a ei tohi see olla üle 45 massiprotsendi ja alates 16. juulist 2013. a üle 30 massiprotsendi. Kaugemas perspektiivis – 2020. a peab see näitaja olema 20%. Võttes arvesse üldist eesmärki jäätmete taaskasutamise suurendamiseks, siis 2013. a võib prügilatesse ladestada ca 70000 tonni biolagunevaid jäätmeid.
Nimetatud biolagunevate jäätmete osatähtsus on tuletatud Euroopa Nõukogu direktiivis 1999/31/EÜ prügilate kohta sätestatud eesmärkidest, kus aluseks on võetud 1995. a tekkinud biolagunevate olmejäätmete kogus. Eestis tekkis sellel aastal 533 tuh tonni olmejäätmeid, kusjuures biolagunevate jäätmete osatähtsus oli 60%. Tekkivate olmejäätmete kogus oli mõnevõrra üle hinnatud, kuid need võeti arvutuste aluseks Ladestatavate biolagunevate jäätmete kogus peab vähenema baasaastaga võrreldes 75 %-ni 2010. a, 50%-ni a 2013. a ja 35%-ni 2020. Seega, kui 1995.a oli Eestis tekkinud olmejäätmetes 320 tuh t biolagunevaid jäätmeid, siis 2010. a võib ladestada 240 tuh t, 2013 a. - 160 tuh t ja 2020 a. - 112 tuh t biolagunevaid jäätmeid. Seega on Eestis seatud sihid kõrgemad EL nõuetest.
Biolagunevate jäätmete nõuetekohase käitlemise võimalusteks on:

- jäätmete valikkompostimine
- jäätmete lauskompostimine, e ladestamiseelne mehaanilis-bioloogiline töötlemine,
- biolagunevate jäätmete anaeroobne kääritamine või biogaasistamine
- jäätmete masspõletus.

Kui 2013. a tekib maksimaalselt 700000 tonni olmejäätmeid (koos pakendijäätmetega), siis tekkivate biolagunevate jäätmete kogus on orienteeruvalt 450000 tonni.

Puidujäätmed

Puidujäätmete kogus on aastatel 2001-2005 suurenenud ca 2 korda, seejuures prügilasse ladestatud kogus on vähenenud nii absoluutselt kui ka suhteliselt.
2001. a tekkis 658 816 t puidujäätmeid ja prügilasse ladestati 14 145 tonni, 2005 – tekkis 1215801 t ja prügilasse 4687 t (KKM ITK). Need arvud käsitlevad puidu töötlemisel, plaatide ja mööbli valmistamisel ning tselluloosi, paberi ja kartongi tootmisel tekkinud jäätmeid (kood 03). Lisaks nimetatule sisaldab puidujäätmeid ka ehitus- ja lammutuspraht (kood 17). Seega on prügilasse ladestatavate puidujäätmete üldkogus suurem. Suurem osa puidujäätmetest taaskasutatakse energia tootmiseks või toodetakse jäätmetest puidubriketti ja -graanuleid nii kodumaiseks kasutamiseks kui ka ekspordiks.
Kõige suurem puidujäätmete tekitaja on saetööstus, mis annab ca 80% puidujäätmetest. Praegusel ajal (2005…2006) saab saetööstus (saekaatrid) ca 50% ümarpuidust Venemaalt. Süveneb tendents, et saetööstus paigutub ümber lähemale toorainebaasile, seega Venemaale. Eesti saetööstuse maht ilmselt ei kasva ja seetõttu ka saetööstuses tekkiva puidujäätmete kogused stabiliseeruvad.
Prognoos: 2013. aastal tekib 1,2...1,3 mln tonn puidujäätmeid.

Ehitus- ja lammutuspraht

2005. a tekkis üle 1,8 mln tonni ehitus- ja lammutusprahti. Suuremad jäätmekogused tekivad lammutamisel ja rekonstrueerimisel, vähem uute hoonete ehitamisel. Suhteliselt suur kogus ehitus- ja lammutusjäätmeid kujuneb seoses elamufondi ja muude hoonete rekonstrueerimisega. Eesti elamumajanduse arengukava aastateks 2003-2008 (Vabariigi Valitsuse protokolliline otsus 11.02.2003) analüüsib elamufondi remondivajadust kortermajades (lisa 11).
Toetudes teiste maade kogemustele ja uuringutele tekib rekonstrueerimisel (renoveerimisel) 1 m^2 pinna kohta keskmiselt 60 kg jäätmeid. Lammutamisel võib see kogus keskmiselt olla 900 kg 1 m^2 kohta. Ligikaudse hinnangu järgi on Eestis ca 3...4 mln m^2 lammutamist vajavaid hooneid ja rajatisi. Need on kasutuseta laudad ja muud põllumajandushooned, nõukogude sõjaväe varemed jm. Üheks oluliseks probleemiks on nende lammutamisel tekkinud jäätmete nõuetekohane käitlemine, kus erilisel kohal on eterniit (asbesti sisaldav) ja võimalikud muud ohtlikud jäätmed.
Probleeme on polüvinüülkloriidist (PVC) valmistatud toodetest (aknad, torud jm) tekkivad jäätmed. Nende suhtes ei ole kindlat käitlustehnoloogiat veel juurdunud, kuid PVC jäätmete voog suureneb ka Eestis.
Prognoos**:** ehitusel ja eriti hooneterekonstrueerimisel ning lammutamisel tekkivate jäätmete kogus kasvab. Vaid kasutuseta lautade ja põllumajandushoonete lammutamisel tekib eksperthinnangu kohaselt kuni 4 mln tonni jäätmeid, sellest kuni 40000 tonni asbesti sisaldavaid eterniidijäätmeid.

Reoveesete

Arvestades reovee puhastamisega asulates, kus reostuskoormus on üle 2000 ie, tekkis Eestis 2005. a 55,5 tuhat tonni setet kuivaines. Sellest kogusest 37% võeti kasutusele põllumajanduses ja haljastuses.
Prognoos**.** Seoses reovee süvapuhastamise (N ja P ärastamine) suurenemisega suureneb ka reoveesette eeldatavalt sette kogus. Metaankääritamise tulemusel jääb sette kogus tegelikult samaks.

Ohtlikud olmejäätmed

Olmes tekivad järgmised ohtlikud jäätmed: akud, patareid, ravimid, värvid, lakid ja nende pakendid, õlijäätmed ja nendega kokkupuutes olnud toodete jäätmed jm. Osaliselt need jäätmed sorditakse tekitaja poolt ja kasutades ohtlike jäätmete kogumispunkte satuvad ohtlike jäätmete käitlussüsteemi. Uuringute alusel on olmejäätmetes kuni 1% ohtlikke jäätmeid, st kodumajapidamistes tekib kuni 2 kg ohtlikke jäätmeid inimese kohta aastas.

2.2. Tööstus- ja olmejäätmete utiliseerimise viisid

Taaskasutamine

Tervikuna taaskasutatakse Eestis umbes 5 miljonit tonni ja ladestatakse 11,4 miljonit. Suuremad taaskasutatavad jäätmeliigid jäätmearuandluse järgi 2005. a olid põlevkivi aheraine, puidu- ja paberitööstuse jäätmed, ehitus- ja lammutuspraht, metallijäätmed ja reoveesete.
Jäätmete taaskasutamist on hinnatud 24%-le (Lisa 12, SEJ, 2007), mis teistel andmetel võib olla ülehinnatud (Riigi Jäätmekava 2013). Nimelt põhjustab segadust märkimisväärne kogus vaheladustatud jäätmeid (kood R13). Üsna tavapärane on, et osa jäätmekoguseid on kategoorias „määratlemata käitlemine", mis ei anna nende kohta mingit teavet (Riigi Jäätmekava 2013).

Ladestamine

Jäätmete kõrvaldamine on toiming, millega jäätmed viiakse keskkonda, st ladestatakse prügilasse. Kuni viimase ajani on Eesti jäätmekäitlus olnud prügilakeskne, kuid see ei rahulda ühiskonna nõudmisi. Prügilate arv väheneb. Selleks on mitu põhjust:

- 2019 aasta 16 juulil suletakse kõik tugiprügilad. Töötama jääb viis keskkonnanõuetele vastavat moodsat prügilat-jäätmekeskust: Jõelähtme, Väätsa, Uikala, Torma ja Paikuse.
- ladestamine on jäätmekäitlushierarhia madalaim aste, mistõttu iga muu käitlusviis on sellest eelistatum, eriti jäätmeprojektide rahastamisel;
- arenenud maades võib täheldada püüdlusi üleüldse lõpetada töötlemata jäätmete ladestamine. Kui selline nõue peaks saama Eestis seaduse jõu, tuleb rajada pigem jäätmetöötluskeskusi kui ladestusalasid;
- juba praegu kehtivad Eestis õigusaktid, mis välistavad ühe või teise jäätmeliigi (nt biojäätmete) sattumise prügilasse või sätestavad ladestamistingimusi (töötlemata jäätmete ladestamine keelatakse alates 2008 (RT I 2006, 28, 209);
- jäätmematerjalid on ressurss. Kuniks jäätmeid kogutakse läbisegi ja neid ei suudeta ka hiljem korralikult sortida, ei ole neil väärtust. Sortimistehnoloogia arenedes on võimalik neid (nt ehitus- ja lammutusprahti, küttematerjali, metalle) väärindada. Kui prügilate sissetulek ladestamismahu vähenemise tõttu väheneb, tuleb otsida teisi sissetulekuallikaid, nt sortida jäätmetest välja teisest tooret või jäätmekütust.

Tugiprügilad on näidatud lisas 13 ja Nõuetele vastavate prügilate ladestusmaht lisas 14.

Keskkonnanõuetele vastavad prügilad

Väätsa prügila, mille omanikud on kümme Järvamaa omavalitsust ning mis teenindab ligikaudu 100 000 inimest, on Eesti esimene Euroopa Liidu ja Eesti keskkonnanõuetele vastav europrügila. Prügila territooriumi kogupindala on 13,56 ha. Esimene, 1,0 ha suurune ladestusala sai valmis 15. novembril 2000. aastal. Praegu ladestatakse juba järgmisele, 1,4 ha suurusele alale. Kahekümne viieks aastaks (aastas ladestatakse 20 000 tonni jäätmeid) kavandatud prügilal saab olema seitse ladestusala, mille kogupindala on 8,8 ha ning mis mahutavad 550 000 tonni jäätmeid. Prügilademe suurimaks kõrguseks projekteeriti 14 meetrit. Jäätmed ladestatakse tihendatud kihtidena (tihendusaste 1,1 – 1,2 t/m^3). Peale ladestamise tegeldakse orgaaniliste jäätmete kompostimise, taaskasutatavate materjalide kogumine ja sortimise, ehitus- ja lammutusprahi veo ja käitlemise, elektri- ja elektroonikaromu vastuvõtmise ning ohtlike jäätmete veo ja kogumisega.

Jõelähtme (Tallinna) prügila projekteerimist alustati 2001. aasta jaanuaris ning esimene ladestusala avati 2. juunil 2003. Eesti suurima tavajäätmeprügila, mille kogupindala on 67 ha, võtab vastu üle kolmandiku Eestis tekkivatest olmejäätmetest. Prügilasse on kavandatud 15 ladestusala, mis võetakse kasutusele kolme kuni nelja aasta tagant kuni aastani 2033. Teenindatakse umbes 500 000 elanikku. Prügila tööiga on 40 aastat, järgnevad 20 aastat kuluvad prügila sulgemisele,

gaasi kogumisele ja järelevalvele. Peale tavajäätmete vastuvõtmise ja ladestamise tegeldakse kompostimise ja bioenergia tootmisega.

Uikala prügilasse ladestatakse Ida-Viru maakonna jäätmed. Prügila koosneb neljast kahe hektari suurusest ladestusalast, millest esimene valmis 2003. ja teine 2006. aastal. Kolmanda ladestusala valmimisaeg on kavandatud 2012. aastaks. Prügila kasutusaeg on vähemalt 25 aastat.

Torma prügila on esimene, mille rajamisel hakati rakendama europrügilaile iseloomulikke ehitusvõtteid. Prügila aastane vastuvõtuvõime on 2200–2500 tonni olmejäätmeid (teenindab umbes 17 000 inimest). I ladestusala (0,5 ha) projekteeriti 1997ndal aastal ning 2007. aastal valmib II ladestusala (1,0 ha). Suurim erinevus teiste Eesti europrügilatega võrreldes on see, et põhja all puudub määrusekohane 500 mm paksune savikiht. Selle asemel kaeti prügila põhi bentoniitmattidega. Rajamise ajal ei olnud veel prügilate rajamise juhised ning otsused prügila konstruktsiooni kohta tehti erialakirjandusest lähtudes. Prügilas ladestatakse tavajäätmeid, käideldakse ehitus- ja lammutusprahti ning sorditakse liigiti kogutud jäätmeid.

Paikuse prügila on Eesti uusim, I ladestusala valmis 2006. aastal. Kogupindala on 41,2 ha, millest ladestusalade alla jääb 10,4 ha. I ladestusalale on võimalik (2006–2016 a.) ladestada 330 000, II ladestusalale 730 000 (2016–2026 a.) ning viimasele, III ladestusalale (2026–2036 a.) 505 000 tonni prügi. On olemas prügilavee käitlusrajatised, ohtlike jäätmete vastuvõtukoht, jäätmete vastuvõtu- ja kaalumishoone, olmehoone, jäätmete vedamise ja käitlemise seadmed.

Kokkuvõtteks võib öelda, et koguladestusalade suurus jääb 2–3 (Torma) ja 15 ha (Tallinn) vahele ning üksikladestusalade suurus enamasti suurusjärku 0,5–2,1 ha, vaid Paikusel on nad suuremad (5,1–5,3 ha). Ladestamistehnoloogia on enamvähem ühesugune. Iga prügikoorem kaalutakse ja kontrollitakse. Ladestusala kõrguse määrab nõlvus, mis tavaliselt on 1:3. Torma ja Väätsa prügila lõplik kõrgus saab olema 14–15, Uikala ja Paikuse prügilate oma 24–26 meetrit. Tallinna prügilade tuleb tunduvalt kõrgem – kuni 36 meetrit.

Nõrgvesi kogutakse kõigis prügilates, kuid puhastatakse kohapeal vaid Väätsal, Uikalas ja mõnel määral Tormas. Jõelähtmel ja Paikusel juhitakse prügilavesi ühiskanalisatsiooni ning puhastatakse koos linnareoveega. Vihmavesi lastakse mõnel pool nõrgveega kokku, mõnes kohas aga otse suublasse. Kõigi prügilate nõrgvett analüüsitakse vastavalt seadusele ja kontroll selle üle on range.

Peaaegu on kõigis prügilates tehtud ettevalmistusi 2010. aastal jõustuva seaduse, mis piirab biolagundavate jäätmete ladestamist, rakendamiseks. Väätsa prügilal on ohtlike jäätmetega tegelemise litsents, ülejäänud prügilad saadavad need jäätmed teistesse firmadesse. Tavajäätmete sortimisega tegelevad kõik peale Tallinna prügila, sest Tallinnas on olemas sortimistehas, kus jäätmed juba enne prügilat läbi sorditakse. Prügilagaasi kasutamine on tulevikuküsimus. Praegu on kõigil prügilail gaasikogumissüsteem, aga gaas lihtsalt kogutakse ja põletatakse.

Jäätmekütuse kaevandamine prügilas

Prügila ümberkujundamine on avakaevandamisvõtete rakendamine suletud prügilate järelhooldamiseks, vähendamiseks või kaotamiseks, ladestusruumi vabastamiseks toimivates prügilates või prügienergia ärakasutamine (Kriipsalu, M., Jäätmeraamat, 2001). Prügienergiat saab prügilakaevandamise käigus mitmel moel:

1. paberi- ja plastirikas lagunemata materjal sõelutakse välja põletamiseks
2. orgaanilise aine rikas mass kuhjatakse mujale, niisutatakse ning saadakse sellest biogaasi

Cossu et al. (1995) määrasid väljasorditud põlevjäätmete küttevääruseks 3,4 kuni 8,7 MJ/kg (keskm. 4,5 MJ/kg), Rootsis oli see Filborna prügilast kaevandatud kergfraktsioonil 6,9 kuni 7,9

ning peenfraktsioonil alla 2 MJ/kg. Obermeier ja Saure (1995) said sortimata kergfraktsiooni kütteväärtuseks kuni 11 MJ/kg ning Cossu et al. (1995), Rettenberger (1995) ja Schillinger et al. (1994) isegi kuni 20 MJ/kg.
Hogland et al. (2003) on uurinud metaanitoodangu kasvu vanadest prügilatest võetud prahi metaankääritamisel. Savage et al. (1993) järgi on kaevandamise ja sõelumisega võimalik lademeprügist lahutada 85–90% pinnasest, 80–95% mustmetallidest ja 70–90% plastist.

2.3. Jäätmete biomassi kasutamise perspektiiv energiamajanduses

Jäätmed kui kütus

Eestis ei ole ühtegi spetsiaalset jäätmepõletusseadet (Euroopa Liidus ligikaudu 400), ehkki aruandlusest selgub, et teatud liiki jäätmeid põletatakse. Peamiselt põletatakse puidujäätmeid. 2000. aastal põletati Eestis 160 000 tonni jäätmeid, arvatavalt oli tegu puidujäätmetega. Olmejäätmetest põletati vaid 0,2%.

Olmejäätmete tüüpilist kütteväärtust on hinnatud 8-12 MJ/kg (Lisa 15, WSP Estonia OÜ). Koostisainete kaupa toodud kütteväärtus on (lisa 16). Plastil ulatub see kuni 18 MJ/kg, tekstiili, paberi, kartongi ja puidujäätmete oma on ca 15-18 18 MJ/kg (lisa 17). Põlevfraktsiooni osakaalu olmejäätmetes on hinnatud ligikaudu 80 %-le, biolagunevate jäätmete osakaalu 65 %-le ja pakendijäätmete osakaalu 27 %-le (lisa 18).

Jäätmete hulgas on palju mittepõlevat materjali, mille soojendamiseks kulub asjatult energiat. Jäätmete põlemisomadusi saab tõsta, kui jäätmevoost praagitakse välja mittepõlev ballast ja/või teisene tooraine. Sageli selleks olmejäätmed sorditakse, purustatakse, sõelutakse ja pressitakse homogeensema koostisega graanuliteks, vedeldatakse või gaasistatakse. Tahke jäätmekütus *(Solid Recovered Fuels* — SRF, *Refuse Derived Fuels* — RDF) on seega tavajäätmete ümbertöötamisel saadud kütus, mida on võimalik kasutada energiatootmiseks nii jäätmepõletus- kui koospõletustehastes. Jäätmete põletamine ja eriti koospõletamine eeldab, et jäätmekütuse kvaliteet ja koostis on ühtlane ning vastab nõutud kvaliteedile. Jäätmekütuste tehnilisi spetsifikatsioone, standardeid ja tehnilisi aruandeid tahke jäätmekütuse iseloomustamiseks ning kasutamiseks kütusena jäätmepõletus- ja koospõletustehastes koondab standard: CEN/TC 343 (vt lisa 19). CEN/TC 343 ei hõlma tahkeid biokütuseid, millega tegeleb CEN/TC 335, ega vedelaid ja gaasilisi jäätmekütuseid. Standardite ja kvaliteedinõuete täitmine ei tee jäätmekütusest siiski veel 'päris kütust' ning selle põletamine peab toimuma jäätmepõletamise reeglite (2000/76/EÜ) kohaselt.

Eestis on korraga arendamisel mitu jäätmepõletustehase projekti. Bioloogiliselt lagunevaid jäätmeid käsitletakse kui biomassi, mistõttu neid käsitletakse kui taastuvat energiaallikat ning nende põletamine on soositud (2001/77/EC).
Jäätmeid tohib Eestis põletada määruse ‚jäätmepõletustehase ja koospõletustehase rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded' alusel. Määrust ei kohaldata tehasele, mis töötleb ainult järgmisi jäätmeliike:

1) põllumajanduse ja metsanduse taimseid jäätmeid;
2) toiduainetööstuse taimseid jäätmeid, juhul kui töötlemisel tekkiv soojus kasutatakse ära;
3) tselluloosi tootmise ja tselluloosist paberi tootmise kiulisi taimseid jäätmeid, juhul kui need põletatakse nende tekkekohas ja tekkiv soojus kasutatakse ära;
4) puidujäätmed, väljaarvatud puidujäätmed, mis kemikaalidega töötlemise või pinna katmise tagajärjel võivad sisaldada halogeenitud orgaanilisi ühendeid või raskmetalle;
5) korgijäätmeid;

6) jäätmeid, mis tekivad nafta ja gaasi otsimisel ning kasutamisel avamererajatistes ja mis põletatakse nende rajatiste peal;

Põletada tohib vaid jäätmed, mis on määruses toodud alustel tunnistatud põletamiskõlblikuks.

Põletustehaste arenguplaanid

Iru soojuselektrijaamas plaanitakse masspõletust, mille aastane vastuvõtuvõime on 220 000 tonni, mis on plaanitud saada Tallinnast ja Harjumaalt.

Kunda tsemendiahjus plaanitakse põletada jäätmekütust (RDF), mille omadustele seatakse kindlad nõuded. Aastane vastuvõtuvõime on 60 000 tonni, millest ühe osa annab Sillamäe MBT tehas.

Tartu kombijaamas plaanitakse masspõletust, mille aastane vastuvõtuvõime on 100 000 tonni. Ligikaudu 60 000 tonni sellest on plaanitud saada Tartust ja Kagu-Eestist ning reservkütuseks on turvas.

Väo kombijaam on avaldanud soovi jäätmeid põletama hakata, ehkki küll ehitamist alustati teadmisega, et kütuseks saavad looduslikud biokütused. Väo vastuvõtuvõime on eri andmetel 100 000 – 280 000 tonni, mis on plaanitud saada Tallinnast ja Harjumaalt.

2.4. Jäätmete biomassi kasutamist piiravaid ja soodustavad tegurid

Tugevused

1. Jäätmed

Eestis tekkis olmejäätmeid 2005. aastal kokku 487 000 tonni, neist põlevfraktsiooni osakaalu hinnatakse 80 %-le. Elatustase kasvab, mistõttu kasvab jäätmete hulk ja kõrge küttevääртusega pakendijäätmete, kaubandusjäätmete ning ehitus- ja lammutusprahi hulk. Jäätmete hulk kasvab Riigi Jäätmekava 2008-2013 eelnõu prognooside kohaselt 5% aastas. Seega jäätmekütuste hulk kasvab.

2. Kogumisvõrgustik

Olmejäätmed kogutakse KOV juhtimisel korraldatud jäätmeveo raames. Vähemalt seda osa jäätmetest saab hästi suunata. Illegaalset vedu ja ladestamist jääb üha vähemaks. Muid jäätmeid veetakse lepingute alusel, mistõttu nende vedu on omavalitsustel raske juhtida.

Sortimata jäätmete ladestamine keelatakse alates 2008. a. Selle nõude täitmiseks tuleks juurutada laialdane sortimisvõrgustik, mis on tülikas ja kallis. Põletada saab segajäätmeid, seega ressurssi ei pea raiskama orgaaniliste jäätmete ning nn ebamäärase pakendimaterjali laialdasele liigiti kogumisele.

3. Jäätmete küttevääртus

Jäätmete küttevääртus on kohati väga kõrge ning kasvab.

Hästi põlevad pakendijäätmed, puidujäätmed (nt mööbel), ehitus- ja lammutuspraht ja mõnda sorti ohtlikud vedeljäätmed. Orgaaniliste olmejäätmete küttevääртus oleneb niiskusest.

4. Jäätmeenergia saamine ja kasutamine

Jäätmerohkus on linnade probleem, kus on aga ka suurim tarbija jäätmetest saadavale soojale veele ning elektrile. Linnades on kaugkütevõrgud üldiselt hästi arenenud

5. Prügila

Prügi ladestamist piiratakse tulevikus oluliselt, mistõttu tuleb leida väljundid jäätmetele, mida sinna panna ei tohi, nt orgaanilistele jäätmetele (alates 2010) ja töötlemata jäätmetele (alates 2008). Põletamisega stabiliseeritakse orgaaniline aine (mida nõuab seadus). Et orgaanilist ainet jääb lademes vähemaks, lüheneb prügila järelhooldusperiood ja ei ole vaja teha kulutusi prügilagaasi

kogumiseks. Prügilasse läheb vähem jäätmeid, seega pikeneb prügilate kasutusiga ja lükkub edasi uute ladestusalade väljaehitamine.
6. Jäätmematerjali taasväärtustamine
Vähemväärtuslikust teisestoormest materjali väärindamine võib olla ebaotstarbekalt keeruline ning ebasoodne keskkonna- energia- ja saasteainepiirangute tõttu. Põlemisjääkidest saab välja võtta metalli. Koldetuhka saab kasutada ehitusmaterjalina.
7. Seadused, määrused, arengukavad
Seadused ja määrused jäätmekäitluse kohta on olemas ja sihid selged. Prügi põletamise võimalus on ette nähtus riiklikes arengukavades. Prügi põletamise kohta on olemas seadused ja määrused
8. Teaduspotentsiaal ja uuringud
Tehtud on hulk uuringuid kõigi arendamisjärgus põletamisprojektide (Iru, Kunda, Tartu, Väo) kohta. Eksperimentaalselt on toodetud jäätmekütuseid (RDF).
9. Sotsiaalne aspekt
Põletamise rakendamise korral jääb ära vajadus laialdase jäätmesortimise ja sorditud materjali kokkuveo järele, mille peaks kinni maksma tarbija. Põletamise läbi stabiliseeritud jäätmed ei haise. Et orgaanilist ainet prügilaisse ei satu, kaovad sealt närilised ja linnud. Prügilad on väiksemad.

Nõrkused

1. Jäätmed
Jäätmete hulga, liikide ja omaduste kohta info kohati ebapiisav või vastukäiv, mis suurendab arendaja riske. Pelgalt energiarikkamate jäätmefraktsioonide valikuline põletamine ei lahenda jäätmekäitlusprobleemi tervikuna.
2. Kogumisvõrgustik
Jäätmed on üle Eesti igal pool laiali. Nende koondamine kahte-kolme põletusettevõttesse on logistiliselt keerukas ja võib osutuda kalliks. Jäätmete vedajaid on palju. Igaühega neist veoleppeid sõlmida on tülikas ja ebaefektiivne. Põletusettevõtte edukuse tagaks piisavalt suure koguse jäätmete garanteeritud saamine, mis senise praktika järgi ei ole osutunud võimalikuks ning mis võiks viia veomonopoli tekkimiseni.
3. Jäätmete küteväärtus
Jäätmete küteväärtus on ebaühtlane. Teisese toorme väljasortimisel väheneb sortimisjäägi küteväärtus.
4. Jäätmeenergia saamine ja kasutamine
Olmejäätmete põletamise kogemust Eestis ei ole.
Põletusseadme maksumus suur. Põletusseadmed peaksid olema suured, et energia ühikmaksumust alandada. Paraku on jäätmed hajutatud üle Eesti. Energiavajadus ei ole stabiilne. Jäätmeid tekib ka suvel, mil kütte ja sooja vee tarbimine on madalseisus. Jäätmeid ei saa algel kujul lattu koguda. Jäätmete kütuseks ümber töötamine nõuab lisakulutusi, ehkki tõstab küteväärtust.
Suitsugaaside puhastamisele kehtivad karmid nõuded, mis tõstavad energiaühiku hinda (jooksvad kulutused).
5. Prügila
Jäätmete põletamise tulemusel tekib gaasilisi, vedelaid ja tahkeid jäätmeid. Prügilat on ikkagi vaja: 20-30% algsest jäätmemassist tuleb ladestada tuhana (kui selle taasväärtustamine ei peaks õnnestuma). Osa põlemisjääke on ohtlikud (lendtuhk), mis tuleks vedada Vaivara ohtlike jäätmete prügilasse.
6. Jäätmematerjali taasväärtustamine
Materjal väljub põletamisel aineringest, mistõttu põletamine asub jäätmehierarhias madalamal kui materjali taasväärtustamine. Eesti peab pakendimaterjalist kasutama materjalina …%, seega sellevõrra vähem on põlevjäätmeid.
7. Seadused, määrused, arengukavad
Ei ole selge, kas põletamist klassifitseeritakse edaspidi taaskasutamiseks või lõppkäitluseks. Kui lõppkäitluseks (samaväärseks ladestamisega), jääb see jäätmehierarhias viimaseks ning huvi

põletamise vastu väheneb. Madalakvaliteetsetele põlevmaterjalidele ja orgaanilisele ainele ei ole siis väljundit ning niigi kulukale põletamisele lisaks tuleb sisse seada ka teisi käitlusmeetodeid. Kokkuvõtlikult tõstab see jäätmekäitluse üldmaksumust.
8. Teaduspotentsiaal ja uuringud
Põletamise majandusliku tasuvuse uuringuid pole piisavalt ja nende täpsus oleneb konkureerivate jäätmeprojektide edukusest (nt sortimistehaste rajamine, kompostimine). Uuringud võivad olla kallutatud.
Kodumaine teaduspotentsiaal väheneb seoses vananemise ja puuduliku juurdekasvuga
9. Sotsiaalne aspekt
Jäätmete põletamine monopoliseerib jäätmekäitlust. Konkurentsi kadumisega võib suureneda hind.
Ühiskonna üldine teadlikkus jäätmete põletamisest on napp ning jäätmepõletustehase rajamisel on alati oodata avaliku arvamuse vastuseisu. Sihiteadlikku ja erapooletut teavitustööd põletamise kohta ei ole tehtud
Sortimata jäätmete äravedu põletamiseks loetakse pigem taunitavaks, sest see ei soodusta tarbimist piirama. Põletamine muudab tähtsusetuks osa seni tehtud investeeringuid mujal jäätmekäsitlusvaldkonnas.

Võimalused

1. Energia hinnatõus maailmaturul
Imporditavate kütuste hinnatõus annab tõuke alternatiivsete kütuste kasutamise arengule, sh jäätmete põletamisele.
2. Ressursside olemasolu
Jäätmeid on alati saada. Põlevmaterjali võib juurde kaevandada ka juba suletud prügilaist. Jäätmeid saab ümber töötada jäätmekütusteks. See tõstab ja ühtlustab kütteväärtust ning muudab ladustamise lihtsamaks. Jäätmekütus on kaup, millel on maailmaturul hind.
Jäätmete kütusena kasutusele võtmine võimaldab katta osa Eesti energiavajadusest kodumaiste energiaressurssidega.
3. Energiasõltuvuse vähendamine
Kohalikust toorainest toodetavale bioenergiale üleminek aitab suurendada kohalike kütuste osakaalu energiabilansis ja vähendada toodetava energia hinna sõltuvust ressursside maailmaturuhindadest.
4. Tehnilised võimalused
Rakendada saab muid termilise töötlemise tehnoloogiaid, nt pürolüüs ja gaasistamine. Jäätmekütuste põletamist saab kombineerida muu biomassi põletamisega ning koos jäätmetega saab tugikütusena põletada tavapäraseid tahkeid kütuseid.
5. Jäätmete põletamise mõju jäätmekäitlusele
Põletamisega väheneb orgaanilise aine hulk, mistõttu vabaneb ressursse muidu ainuvõimalikuna näiva biokäitluse korraldamise arvelt. Laialdase sortimise ja liigitikogumise rakendamise asemel saab ressursse suunata mujale.
Põletamise tuntavaim mõju on prügilatele. Tänu orgaanilise aine ära põletamisele vastavad prügilad biojäätmete ja sortimata jäätmete ladestamise keelu nõuetele. Väheneb vajadus uusi ladestusalasid välja ehitada. Lihtsustub prügilagaasi ja nõrgvee kogumine ja käitlemine ning lüheneb prügilate järelhooldusvälp.

Ohud

1. Ressursside ja jäätmete maailmaturu hind. Jäätmete omadused
Energiaturgude avamise järel on energia müügihinnad turupõhised ja võivad mõjutada investeerimisotsuseid jäätmeid põletama hakata ebasoodsalt. Ressursside ja jäätmete maailmaturu hind oleneb jäätmete omadustest. Jäätmed on aga ebaühtlase koostise ja omadustega

Konkureerivate biokütuste hinnad Eestis või tahkete, vedelate ja gaaskütuste maailmaturuhindade kõikumine võivad pärssida tahet jäätmeid põletada.
2. Jäätmete kokkuvedu ja ladustamine
Jäätmete vedu üle Eesti on kulukas ja pole säästlik, kuna kokkuveoks kulub fossiilseid kütuseid. Jäätmete säilitamine (lahtiselt, pallitult või pelletitena) kujutab endast mõningaid keskkonnariske
3. Valed ja ebakompetentsed ametkondlikud ja poliitilised otsused
Ebaõige planeerimis- ja arendustegevus võib viia majanduslikult ebaefektiivsetele otsustele, mistõttu tervikuna võidakse investeerida jäätmekäitlusse liiga palju. Selle kaksab lõppkokkuvõttes tarbija.
Ebaõiged investeerimisotsused võivad viia konkureerivate prügipõletusettevõtete ehitamisele või nende üledimensioneerimisele. Et kõigile ei jätku jäätmeid, võivad põletusettevõtted jääda alakoormatuks.
EL tasemel tehtud otsused võivad põletamist näidata ebasoodsa käitlusviisina.
4. Konkureerivate jäätmekäitlusalternatiivide areng
Eestil on kohustus jäätmeid ka muul moel käidelda (nt pakendid). Laialdase sortimise arenemisega võetakse jäätmevoost välja palju põlevmaterjali, mistõttu selle küttevääртus langeb.
Põletamine on jäätmekäitlushierarhias madalal, seega jäätmete materjalina kasutamist peaks sellele eelistama. Jäätmete omanik või valdaja ei pruugi soovida jäätmeid põletusse anda.
5. Alternatiivsed põletusmeetodid
Alternatiivsed meetodid on sageli eksperimentaalsed, mistõttu nende kasutuselevõtt sisaldab riske investorile. Nõuded suitsugaasidele on kõrged ning neid tuleb täita ka valikpõletamise või koospõletamise korral.

2.5. Jäätmete ajutise ladustamisega seotud küsimused.

Biokütuste (olmejäätmed, RDF, taime- või metsajääkide biomass) kasutuselevõtt hõlmab ka nende säilitamist pallitult või lahtiselt. Põletustehas asub sageli linnas või linna lähedal, mistõttu selle juures ei saa jäätmeid hoida. Otse põletusettevõttesse tuuakse jooksvalt kogutavad jäätmed ning kallatakse punkrisse. Selles hoitakse paari-kolme päeva varu. Lisakütused tuleb tuua tellimisel, mistõttu tekib küsimus kus neid ladustama hakatakse.
Sortimata olmejäätmeid ladustada ei saa. Sorditуna ladustatakse nad:

- lahtiselt (*fluffy*)
- pallituna (*baled waste*)
- pelletitena (*RDF – Refuse derived waste*)

Prügikütuseid säilitatakse omaette drenaažisüsteemiga kõvakattega platsil, prügila territooriumil (sillutatud platsi ei ole vaja juhul, kui laoplats jääb dreenitud alale, nt lademe otsa) või katuse all.
Kogused on suured, mistõttu kasvab ka töö- ja keskkonnarisk. Jäätmekütuste säilitamisel peab arvestama nõrgvee- ja gaasiemissioonidega, sh haisuga. Iga pall kaalub tonni, mistõttu valitseb oht nende varingu korral inimesi või seadmeid lömastada. Alahinnata ei tohi tuleohtu. Jäätmekütustes, nagu igas teises biokütuses, toimuvad mikrobioloogilised protsessid. Selle tulemusena võib kütus kuumeneda. Selle vältimise võtmeks on aga töökorraldus.
Eestis kogemust olmejäätmete pallimisseadmete ja pallilõhkumisseadmete hankimiseks ja käitamiseks ei ole.

Ettepanekud

Jäätmete energiakasutuse kohta on hulk ettepanekuid, millest mõni tuleb lahendada koostöös teiste ametkondadega:

1. Jäätmekütuste pallimine ja ladustamine.
Korraldada seminar jäätmekütuste ja metsa biomassi ladustamise teemal. Eesmärgiks on kokku viia jäätmepallimisseadmete tootjad, potentsiaalsed kliendid Eestis ning omandada kogemusi ettevõtetest, kus jäätmeid ja muud biomassi pikka aega pallitud on. Kaasama peaks akadeemilisi uurimisgruppe, mis tagaks erapooletuse.
Koostööpartneriteks on Keskkonnaministeerium, Põlluministeeriumit, Maaülikool, Iru ja Kunda ning omavalitsused, sh väikesaared. Kindlasti peaks välja töötama juhendmaterjali pallimistehnoloogia rakendamise ja jäätmekütuste säilitamise kohta.

2. Biogaasi saamine tugiprügilatest.
2009. aastal suletakse kõik käigusolevad tugiprügilad (Lisa 13 ja 14). Prügilad on üldjuhul suured ning sulgema peab neid rangete seadusnõuete kohaselt. Et sulgemisperiood on kõigi ühine, osutub võimalikuks haarata nad kõik biogaasi tootmise võrgustikku. Biogaasi ärakasutamiseks on mitu võimalust, mille suurimaks piiranguks on energia viimine kusagil eemal asuva tarbijani. Ratsionaalne on biogaasi ärakasutamine nt kohapeal varutud puhaste biokütuste kuivatamiseks otse prügilatel või nende juures asuvatel platsidel.

3. Taimse biomassi saamine suletud prügilatelt.
Seaduse järgi on haldajal kohustus vanu suletud prügilaid hooldada. Hooldamistööde ühe osana saaks vanadele prügilatele külvata heintaimi, mida regulaarselt niitma ja ära vedama peaks. Töö tagab kahe eesmärgi täitmise: prügilate regulaarne järelhooldus on tagatud ning selle käigus saadakse taimset biomassi. Et prügilatealune maa on niikuinii kasutusest väljas, ei satu see toiming muude maakasutustoimingutega vastuollu. Nii osutub võimalikuks vähendada kulutusi muidu nii arvukate prügilate järelhoolduseks. Suletud prügilaid on Eesti Prügilate Nimistu järgi 528. Inventuur nende taaskaardistamiseks käib, mille tulemusena selgub 2007 aasta lõpuks muuhulgas ka prügilate kogupindala.

4. Biogaasi analüüs tegutsevates prügilates.
Kõigis tegutsevates prügilates kogutakse biogaasi. Praeguse praktika kohaselt põletatakse see ära, et vältida nn kasvuhoonegaaside (metaan) sattumist atmosfääri. Selle nn vabalt saada oleva energiaallika ärakasutamine soojuse või elektrienergia tootmiseks on iga prügila kavades, kuid alahinnata ei saa vastuolu ladestamistavadega. Nimelt vähendatakse lähiajal oluliselt orgaaniliste jäätmete ladestamist, mistõttu väheneb ka gaasitoodang. Teoreetiliselt viib see selleni, et prügilatest biogaasi ei saadagi. Investeeringuid prügilagaasiseadmetesse peab seega üleinvesteerimise vältimiseks vaatama üheskoos orgaaniliste jäätmete käitlemise sihtarvudega.

5. Jäätmekütuste tootmine vanadest prügilatest.
Vanadesse suletud prügilatesse on maetud suur hulk põlevmaterjali. Osa sellest laguneb ära, osa aga mitte (plast). Vanade lademete avamine ja läbikaevamine võib seega anda suurel hulgal nn vabalt saada olevat biomassi. Orgaanilise aine rikkast peenprügist saaks väikereaktoritega toota biogaasi. Eestis sellekohaste tööde kogemust ei ole, mistõttu oleks vaja sellekohaseid uurimistöid. Tuula prügila näitel on esimene sellekohane projekt Keskkonnainvesteeringute Keskusele juba esitatud. Tuula näidiskaevamise alusel saaks teha otsuseid teiste prügilate läbikaevamise kohta.

6. Analüüs jäätmete ja metsajäätmete töötlemise seadmete kohta.

Olmejäätmete ja metsajäätmete (kännud, oksad) töötlemiseks on vaja seadmeid. Osa neist on universaalsed, mis võimaldab nende ristkasutust, seega kulude hajutamist. Vaja oleks analüüsi selle kohta, millised seadmed sobivad ühe või teise jäätmeliigi käitlemiseks, et anda juhiseid seamete hankijaile. Võimalikud ühised seadmed on hakkurid või purustid, biomassi pallijad, pallilõhkumisseadmed ja palliveokid.

7. Reo- ja nõrgvee käitlemise ühildamine jäätmekäitlusega

Reo- ja nõrgvee käitlemist on võimalik ühildada muude toimingutega, mille eesmärgiks on energia saamine. Reostunud veega prügilaid niisutades tõused biogaasi saagikus, puhastatud heitveega prügilatele või nende ümber rajatud energiavõsa niisutamisega suureneb saagikus. Ühtlasi saadakse lahti veest ning hoitakse kokku kunstväetiste arvelt. Ehkki tehniliselt lihtne, ei ole Eestis reovee puhastamine, jäätmekäitlus ja energiakultuuride kasvatamine põimunud.

8. Setete ja orgaaniliste jäätmete ‚märgfraktsiooni' ärakasutamine biogaasi tootmiseks

Jäätmete hulgas on hulk eelpuhastusseadmetest või käimlatest saadud setteid, mida üheskoos orgaaniliste jäätmete ‚märgfraktsiooniga' saaks biogaasi tootmisel ära kasutada. Nii saaks lahendatud kuivkäimlate, reoveeväikepuhastite, rasva- ja õlipüüniste ning tööstuslike setete probleemi.

Eesmärgi saavutamiseks tuleb rajada bioreaktoreid või bioreaktorite rajamisel sõnniku või virtsa kääritamiseks kohe rajamise ajal ette näha lisatehnoloogia muude vedeljäätmete ärakasutamiseks.

9. Uuringud tuhakasutuse kohta

Biomassi põletamise käigus saadakse tuhka. See tuleb ära kasutada või ladestada olmeprügilatesse. Mõlemal juhul on vaja uuringuid, mille eesmärgiks on juhendmaterjali väljatöötamine tuha kasutusele võtmiseks või ladestamiseks. Ehkki Eestis on tuhka ka varem uuritud, muutub biomassi laialdase põletamise käivitamisel olukord põhjalikult – tuhka hakkab tulema väga palju. Tuha võimaliku hulga hindamine ja koostise määramine võiks olla jätkuprojekti ülesanne 2008 aastal.

10. Uuringud jäätmekütuste tootmise kohta

Seoses orgaaniliste jäätmete ladestamise keelu ja prügilate veokauguse kasvamisega on põhjust eeldada jäätmetekitajate huvi kasvu jäätmekütuste (RDF, SRF) tootmise kohta. Ehkki normdokumendid jäätmekütuste kohta on olemas, ei ole Eestis küllaldast kogemust kütusetootmisliinide muretsemiseks ja opereerimiseks. Juhendmaterjal aitab võimalikke tootjaid valmistada jäätmetest kütust, millel on turuväärtus. Nii võiks leevendada jäätmeprobleemi üheskoos tööhõive suurendamisega ääremaadel ja saartel, kust teekond lähimasse prügilasse oleks liiga pikk.

Jäätmete eelneva töötlemise vajaduse võib tingida põletustehaste valitav suitsugaasipuhastustehnoloogia. Kui see ei võimalda põletada n PVC palsti, siis tuleks püüda PVC juba jäätmekütuste tootmise käigus välja sõeluda ja materjalina kasutusele võtta.

Tavapärane jäätmekütuste tootmine tugineb jäätmete purustamisel, sõelumisel ja õhkseparеerimisel. Sellega läheb aga kaotsi suur osa energiarikastest kiudainetest peenprügis. Neid saaks kasutusele võtta jäätmete märgsortimisel. Et selle käigus tekib suur hulk orgaanilise aine rikast reovett, oleks otstarbekas selle käitlemine omakorda siduda biogaasi tootmisega metaantankides.

11. Uurimistöö alternatiivsete tehnoloogiate kohta

Jäätmed on Eestis hajutatud ning nende kokkuvedu kulukas. Perspektiivne on võtta kasutusele alternatiivseid käitlustehnoloogiaid, mis sobivad taludesse, farmidesse ja tootmisettevõtetesse. Tehnoloogiate areng on kiire, mistõttu uurimistöö peaks olema pidev ja jätkusuutlik. Võimalikeks rakendusteks on väikeseadmed biogaasi tootmiseks tahketest ja vedelatest jäätmetest. Eriti just väikesed põletusseadmed, tahkete jäätmete biogaasistamine või pürolüüs on Eestis vähe uuritud, tehnoloogiad arenevad aga väga kiiresti.

12. Olmejäätmete põletamine suurtes põletusettevõtetes
Eestis on korraga arendamisel vähemalt neli suurt projekti olmejäätmete põletamiseks. Nende summaarne võimsus ületab saadaolevate olmejäätmete hulka, mistõttu see masspõletamise valdkond on ammendatud.

13. Ohtlikke aineid sisaldavad puidujäätmed
Ohtlikke ühendeid sisaldavate ainetega immutatud puidu käitlemine vajab lahendamist. Süvaimmutatud puidu, mööbli ja liiprite energiasisaldus on suur, kuid neid ei tohi põletada tavakatlamajades. Kui selgub, et neid ei tohi (reoainete piirmäärad!) põletada ka rajatavates jäätmepõletusseadmetes (see oleneb põletamistehnoloogiast ja suitsugaasipuhastusseadmete tõhususest), siis puudub nende käitlemiseks igasugune võimalus.

Kokkuvõte

- Olme ja tööstusjäätmeid tasub põletama hakata seal, kus neid kõige rohkem tekib, st suuremates linnades. Eestis on ainus linn, kus jäätmehulga saamine on garanteeritud, Tallinn. Teistes linnades ei pruugi jäätmeid kriitilise hulga saavutamiseks jätkuda.
- Eestis on paralleelselt rajamisel mitu jäätmepõletusrajatist, mille aastasest võimsuselt piisab kogu Eesti olmejäätmete hulga põletamiseks.
- Ükski prügivedaja ei vea üksi põletamiseks vajalikku jäätmekogust. Seega peab põletusettevõte jäätmehulga saamiseks läbi rääkima mitme osapoolega.
- Jäätmeid väga kaugelt põletustehasesse kokku tuua pole otstarbekas, sest see tõstab äraveohinna jäätmetekitaja jaoks põhjendamatult kõrgeks.
- Kõike põlevjäätmeid põletama ei saa hakata, sest osa jäätmeid tuleb materjalina väärindada.
- Laialdane põletamine on kasulik orgaanilise aine sihtarvude saavutamiseks prügilas. Nii väheneb kasvuhoonegaaside heide.
- Laialdane põletamine halvendab prügilate majanduslikku olukorda, sest väheneb ladestatava materjali hulk. See kajastub väravahinna tõusus, mille maksab kinni tarbija.
- Praegu Eestis põletustehast ei ole. Nende rajamine võtab aastaid, mille jooksul tuleb ometi saavutada pakendite ja orgaaniliste jäätmete ladestamise sihtarvud. Selle aja jooksul tuleb investeerida teistesse käitlusviisidesse, mis põletamise rakendumisel muutub tarbetuks. Seega on tegu topeltinvesteeringuga.

Jäätmete põletamisega vähendatakse sõltuvust imporditud fossiilsetest kütustest.
Jäätmepõletusettevõtete rajamine on seadusandlikes aktides hästi reguleeritud. Segaolmejäätmete rajamiseks on vaja erinõuetele vastavat põletusettevõtet, puhast puitu võib põletada tavakatlamajades. Puhta puidu eraldamine sortimise teel on seega tavakatlamajade jaoks eluliselt tähtis.
Olmejäätmete sortimise kohta esitatud nõuetes nähakse ette juba tekkekohas liigiti koguda põlevjäätmed, sh puit (20 01 38) ja plastid (20 01 39) (RTL 2007, 9, 140).
Eesti Vabariigi strateegilistes ja valdkondlikes arengukavades segaolmejäätmete põletamist puudutavaid riiklikke eesmärke ei ole seatud. Eesti elektrimajanduse arengukava 2005–2015 (RTL, 2006, 7, 134) nimetab siiski prügipõletuse energia potentsiaali perspektiivsust.
Riigi Jäätmekavas nähakse õigusaktidega sätestatud jäätmete taaskasutuseesmärkide saavutamist läbi jäätmete materjalina ringlussevõtu (mis on tehniliselt piiratud) ja põletamise. Arengukava ei käsitle seda, kuidas ettevõtteid motiveerida põletusettevõtteid rajama sellises ulatuses ja sellisteks tähtaegadeks, et Riigile võetud jäätmealaseid kohustusi täita.
Eestis ladestatakse igal aastal prügilates kokku kuni 550 000 t olmejäätmeid, millest 60-70 % (so kuni 385 000 t) on biolagunevad jäätmed. Jäätmekäitluse seisukohalt on olmejäätmete põletamine hädavajalik, sest võimaldab saavutada mitu eesmärki korraga: a) tagatakse töötlemata jäätmete

ladestamise keelu täitmine alates 2008 ja b) tagatakse orgaaniliste jäätmete ladestamise piiramise sihtarvude täitmine 2010, 2013 ja 2020 aastatel. Positiivseks lisaväärtuseks on võimalus rajamata jätta laialdane, seega ka kulukas jäätmejaamade võrgustik.
Praegu arendatakse vähemalt nelja prügipõletusettevõtte projekti. Nende koguvõimsus on 480-660 000 tonni, mis ületab olmejäätmete summaarse hulga Eestis. Seega tuleb neis hakata põletama ka teisi põlevjäätmeid või biokütuseid.
Valdavalt plaanitakse olmejäätmete masspõletust. Vaid Kundas hakatakse põletama jäätmetest valmistatud kütust.

2008. aastal jätkatakse uuringuid järgmistes järgmistes küsimustes:

- orgaaniliste erijäätmete (loomsed jäätmed, setted, ohtlikud jäätmed) energiakasutuse võimalikkuse hindamine;
- hinnangu andmine jäätmete biomassi energiamajanduses kasutamise tasuvus- ja konkurentsitingimustele;
- hinnangu andmine jäätmete biomassi füüsilisele ja majanduslikule kättesaadavusele, eesmärgiga senisest enam ja otstarbekamalt neist energiat toota;
- ülevaate andmine biomassina käsitletavate tööstus- ja olmejäätmete mikro- ja makroökonoomikast;
- ettepanekute tegemine vajadustest muuta õigusruumi (õigusaktid, fiskaalinstrumendid, juhendmaterjalid) biomassi otstarbekama kasutamise saavutamiseks

Kasutatud kirjandus

1. Tallinna kodumajapidamistes tekkivate olmejäätmete koostis ja kogused. Tallinna Keskkonnaamet, Tallinna Keskkonnainfo J 2005: 01
2. Tallinna asutustes ja ettevõtetes tekkivate olmejäätmete koostis ja kogused. Tallinna Keskkonnaamet, Tallinna Keskkonnainfo J 2006:01
3. Tallinna ja Helsingi kodumajapidamistes tekkivate olmejäätmete uuringute võrdlev analüüs. Tallinna Keskkonnaamet, Tallinna Keskkonnainfo J 2005: 03
4. Biolagunevate jäätmete käitlemine. I-etapp. AS Enprima Estivo. Projekt 217419. 2004
5. Biolagunevate jäätmete käitlemine. II-etapp. AS Enprima Estivo. Projekt 617539. 2005
6. Biolagunevate jäätmete käitlemise tegevuskava aastani 2013. AS Enprima Estivo. Projekt 617546. 2005–2006
7. Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007–2013. Eelnõu. 2007
8. Riigi Jäätmekava aastani 2013, Eelnõu. 2007
9. Tehnilis-majanduslik hinnang jäätmepõletusele Eestis. Vastutav täitja: Aadu Paist. TTÜ Soojustehnika instituut, töövõtuleping 480L. Tallinn 2004–2005
10. Uuring tsementitehase pöördahjudes jäätmete kütusena ja toormaterjalina taaskasutamise nõuetekohasuse kontrollimiseks. Rakendusuuringu aruanne. AS Kunda Nordic Tsement. Kunda 2003
11. Keskkonda säästev sõnniku hoidmine ja käitlemine. Keskkonnaministeerium, Põllumajandusministeerium, AS Maves. Tallinn, 2004
12. RTL 2004, 83, 1316. Jäätmepõletustehase ja koospõletustehase rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded
13. Energy from Waste: A good practice guide IWM Business Services Ltd, ISBN: 0-902944-54-1. UK, 2003
14. Muuks otstarbeks kui inimtoiduks ettenähtud loomsete kõrvalsaaduste sanitaareeskirjad. EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUS (EÜ) nr 1774/2002, 3.10.2002. 32002R1774, *Official Journal L 273 , 10/10/2002 P. 0001 – 0095*

15. WSP Estonia OÜ, 2007. Eeluuring jäätmete põletamise baasil soojuse ja elektrienergia koostootmiseks Tartu piirkonnas. Raport. Mai 2007
16. ÅF-Estivo AS 2007. Kütusena jäätmeid kasutava soojus- ja elektrienergia koostootmisploki rajamine Iru elektrijaama territooriumile. Keskkonnamõju hindamise aruanne
17. SEJ, 2007. Kütusena jäätmeid kasutava soojus- ja elektrienergia koostootmisploki rajamine Iru Elektrijaama territooriumile Olelusringipõhine keskkonnamõju hindamine.
18. Statistikaamet, 2006. http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Keskkond/08Surve_keskkonnaseisundile/02Jaatmete_teke/02Jaatmete_teke.asp

3. Põllumajanduses tekkiva biomassi ressursi hindamine

(Koostajad: H. Roostalu ja I. Melts)

Uuringu lähteülesanded

Uuring peab:

1) Koostama põllumajanduses tekkiva biomassi bilansi eri liikide lõikes, mis toob välja biomassi arvestusliku ja hetkel tarbitava ressursi sh
   - andma ülevaate biomassi eri liikide bilansist maakondade lõikes; uuring peab hõlmama nii põllumajandustootmisjääke (põhk, sõnnik läga), energiakultuure (raps/rüps, teravili, heintaimed, lina) kui ka rohumaadelt ja märgaladelt niidetavat biomassi;
2) Andma ülevaate p.1 loetletud biomassiliikide utiliseerimise viisidest, mahust (2005-2006 aasta andmete baasil), otstarbekusest praegu ja väljavaadetest edaspidi;
3) Andma esialgse hinnangu põllumajanduses tekkiva biomassi eri liikide kasutamise perspektiivile energiamajanduses ja kütuste tootmisel: tasuvus- ja konkurentsitingimused, enama või parema kasutamise väljavaated Eestis;
4) Analüüsima põllumajanduses tekkiva biomassi kasutamist piiravaid ja soodustavaid tegureid (sh keskkonnakaitselisi);
5) Andma esialgsed soovitused põllumajanduses tekkiva biomassi otstarbekamaks kasutamiseks Eestis.

2007. aasta tulemuseks peab olema analüüs, mis annab ülevaate põllumajandusest pärineva biomassi arvestuslikust ja hetkel tarbitavast ressursist ning toob välja biomassi kasutamist piiravad ja soodustavad tegurid.
Uuringu tulemusena tuleb esitada ettepanekud „Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava 2007-2013" teise etapi rakendamiseks, vajalike meetmete rakendamise põhjendused ja hinnanguline eelarve ning vajadusel juriidiliselt korrektsed ettepanekud õigusaktide muutmiseks.

3.1. Põllumajanduses tekkiv biomass

Metoodika

Käesoleva uurimistöö aluseks on ESA ja PRIA andmebaasid ning antud valdkonda käsitlevad teaduspublikatsioonid. Teravilja ja rapsi kogutoodang ning teravilja ressursi kasutamine 2004-2006 aastate kohta on toodud ESA kogumiku "Põllumajandus 2006" andmetel. Võttes arvesse iga teravilja liigi terade ja põhu keskmise suhte (Abiks põllumehele, 1996), arvutati saakide alusel põhu kogutoodang ning selle alusel ka põhusaagi küttevääртus (Biokütuse kasutaja käsiraamat, 2005). Põhu ja rohumaade biomassi kasutamise kohta ei peeta statistilist aruandlust, seepärast ei ole ka selles küsimuses võimalik hinnanguid anda. Olenevalt karja struktuurist leiti loomühikud ja sellest lähtuvalt laudaperioodil toodetavad sõnnikukogused (Abiks põllumehele, 1996, Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat, 1996). Põllukultuuride bioenergeetilise kasuteguri leidmisel lähtuti, et lihtväetiste puhul on lämmastiku, fosfori ja kaaliumi energeetiline ekvivalent vastavalt 35,3 MJ/kg N kohta, 16,0 MJ/kg P kohta ja 5, 0 MJ/kg K kohta ning taimekaitse (2,5 kg/ha) – 111 MJ/kg toimaine kohta. Kopleksväetise puhul oleksid energeetilised ekvivalendid aga suuremad – 50 MJ/kg N, 38 MJ/kgP ja 12 MJ/kg K. Põllutööd ja transport moodustaksid energiasisenditena 4,7 GJ/ha ja kaudsed sisendid (masinad, ehitised, kuivendus 5,2 GJ/ha. Teravilja bioetalooli saagiseks

võeti 400 l/tonn, selle küttevääртuseks 21,3 MJ/l ning põhu küttevääртuseks arvestati 17,8 MJ/kg KA. Rapsi puhul arvestati, et biodiislikütuse saagis on 360 l/t.
Looduslike rohumaade produktiivsust käsitlevad väliuurimused tehti kolmel enimlevinud, nii biomassi saagikuse kui bioloogilise mitmekesisuse poolest rikkamal poollooduslikul koosluse tüübi puhul - pärisaruniidul, puisniidul ja lamminiidul e. luhal. Proovialadeks valiti võimalikult tüüpilised pool-looduslikud kooslused.
Proovialad paiknevad erinevates Eesti maakondades:
pärisaruniidud – Proovilapi ja Tuhu Läänemaal, Antsu Pärnumaal, Kutsala ja Uusküla Lääne-Virumaal ning Konnu-Jüri Valgamaal;
puisniidud – Mäetaguse Ida-Virumaal, Allika ja Laelatu Läänemaal ning Nedrema Pärnumaal;
lamminiidud e. luhad – Kasari jõe ja Rõude-Kasari jõe luhad Läänemaal, Pedja jõe luht (kaks prooviala) Jõgevamaal, Emajõe luht (kaks prooviala) Tartumaal, Halliste, Raudna ja Lemmjõe luhad Viljandimaal.
Proovialasid oli kokku 20. Analüüsimaterjali kogumine toimus prooviala transektil olevatel proovitükkidel. Transekt valiti juhuslikult võimalikult erinevate tingimustega (puud, põõsad, avatud maastik, jõevee ja mulla mõju jms) prooviala osalt. Välitöö käigus valiti transektil juhuslikult 17 proovitükki. Transekti proovitükkideks valiti juhusliku valiku meetodil vasaku käega visatud proovitükisuuruse ringi pind. Kui transektile jäi ette puu või põõsas (nt puisniidul), siis mindi teisele poole puud või põõsast ja astuti viis sammu edasi samas suunas. Ühe- ja kaheaastased puittaimed lõigati koos ülejäänud heinaga. Prooviringi diameeter oli 477 mm, pindalaga 0,18 m^2. Analüüsimaterjal koguti 01.–20. juulil 2007. aastal vihmavabadel päevadel. Kokku koguti materjali puisniitudel 68 proovitükil, pärisaruniitudel 102 proovitükil ja luhtadel 170 proovitükil. Igal proovitükil määrati ligikaudse keskpunkti geograafilised koordinaadid seadmega Garmin GPS 12. Kohapeal mõõdeti taimse biomassi maksimaalne ja subjektiivne keskmine kõrgus. Võimalikult maapinna lähedalt lõigatud ja kokku kogutud hein pandi niiskuskadude vältimiseks õhukindlasse kilekotti ja märgistati koodiga, mis sisaldab lühendit pärandkoosluse nimest, proovitüki järjekorranumbrist transektil ja järjekorranumbrit GPS seadme mälus. Laboris kaaluti (täpsusega 0,1 g) proovitükkidelt kogutud taimse biomassi märgkaal. Laboris valiti juhuslikult 5 proovitükki (5/17), mille taimne biomass pandi eraldi paberkottidesse ja viidi kuivatuskappi kuivama (80^oC juures 48 tundi) kuivaine määramiseks. Võrdlevate andmete saamiseks määrati koosluste saagikus kuivainena t ha^{-1}.
Lisaks valiti laboris juhuslikult 5 proovitükki (5/12), mille fütomass sorteeriti morfoloogiliste tunnuste alusel botaanilistesse gruppidesse (graminoidid (tarnad ja kõrrelised), liblikõielised ja muud rohundid). Botaanilised grupid kaaluti ja määrati osakaal (%) taimse biomassi märgkaalust. Ülejäänud proovialalt kogutud hein laotati paberile varjulisse tuulutatavasse kohta kuivama.
Lisamaterjalina ja kaartidena kasutati Pärandkoosluste Kaitse Ühingu (PKÜ) pool-looduslike koosluste andmebaasi pindalade määramiseks ja muude andmete (kasvukohatüüp, liikide arv jms) võrdlemiseks; Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti (PRIA) põllumassiivide veebikaarti ja andmebaasi poollooduslike koosluste pindalade määramiseks ja võrdlemiseks ning piiride fikseerimiseks; Maa-ameti Maainfo kaardirakendust katastriüksuste andmete leidmiseks ning mullakaarte ja selgitusi uuritavate pärandkoosluste muldade uurimiseks ja kirjeldamiseks. Ülevaatena uuritavate rohumaatüüpide, taimekoosluste ja mullastiku omavaheliste seoste kohta tuginetakse Heljo Kralli, Kaljo Porgi jt poolt 1980 a. koostatud uurimistööle "Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamad taimekooslused", kuna Maa-ameti (2001: 13) mullastiku kaardi seletuskirjas rõhutatakse, et selles on hästi seotud enamlevinud rohumaatüübid ja taimekooslused mullastiku andmetega. Samuti kirjutab Toomas Kukk Pärandkoosluste Õpik-käsiraamatus (Kukk *et al* 2004: 216), et see uurimustöö koostati ajal, mil pool-looduslike rohumaade pindala oli praegusest tunduvalt suurem ning niidukooslused paremini säilinud.
Saagikuse võrdlemiseks tuginetakse eelnimetatud uuringule ja autorite H. Aug ja R. Kokk koostatud väljaandele "Eesti NSV looduslike rohumaade levik ja saagikus", mis on välja antud Tallinnas 1983. aastal.

Teravili.

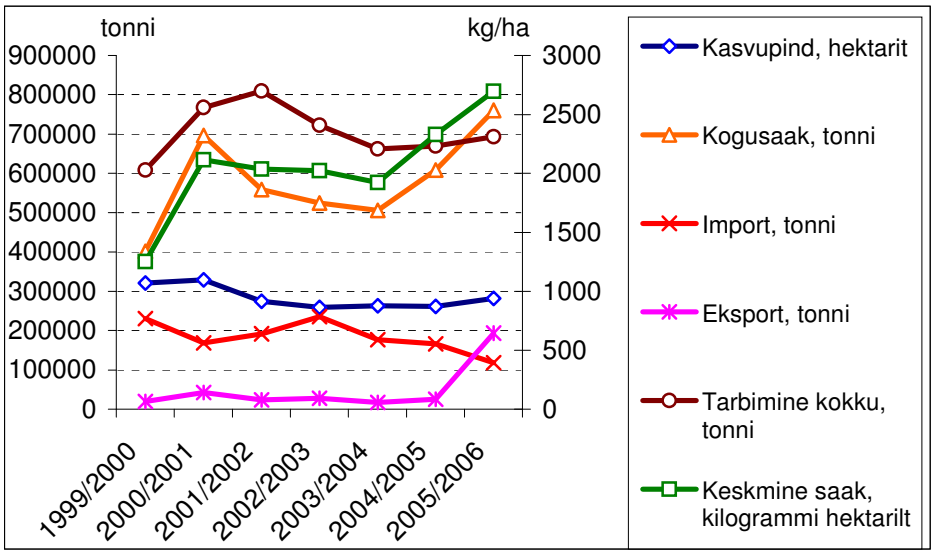
Põllukultuuride kasvupind moodustas 2004-2006 aastate keskmisena ESA andmetel 527562 ha, millest teravilja kasvatati 274485 ha, kaunvilja 4470ha, rapsi ja rüpsi 53168 ha ning kartuli kasvupind oli 10905 ha. Keskmine saagikus teraviljal oli 2,41 t/ha, kaunviljal 1,08 t/ha, rapsi ja rüpsi saadi 1,5 t/ha ning kartuli saagiks kujunes 12,98 t/ha. Teravilja ja rapsi toodeti 2004-2006. aastate keskmisena vastavalt 662155 tonni ja 78758 tonni (table 3.1).

Tabel 3.1. Teravilja ja rapsi kogusaak tonnides 2004-2006. aastate keskmisena

Maakond	Teravilja kogusaak, t	Rapsi kogusaak, t
Harju	36412	4744
Hiiu	2693	115
Ida-Viru	14746	2035
Jõgeva	73337	7638
Järva	63978	7885
Lääne	19411	2201
Lääne-Viru	91327	13102
Põlva	43445	4855
Pärnu	38855	4730
Rapla	30549	3833
Saare	13130	993
Tartu	95397	10091
Valga	33673	4001
Viljandi	76551	10445
Võru	28650	2090
Kokku	**662155**	**78758**

Teravilja kogusaak on varieerunud aastati 402-760 tuhande tonni ja tarbimine 493-809 tuhande tonni piires (joonis 3.1). Vaid 2005/2006. aastal ületas teravilja kogusaak tarbimist ja teravilja eksport importi. Varasematel aastatel moodustas teravilja import 167-235 tuhat tonni ja eksport vaid 17-43 tuhat tonni. Loomasöödaks on kasutatud teravilja viimastel aastatel 427-480 tuhat tonni, kuid 2005/2006 aastal vaid 333 tuhat tonni. Loomasöödaks on kulutatud kogu teraviljaressursist 67%, inimtarbimine moodustab 17% ja tööstuslik tarbimine ligikaudu 5%. Tööstuslik teravilja tarbimine on varieerunud 25-45 tuhande tonni piires. Seemneks läheb ligikaudu 10% kogu teravilja ressursist.

Seega, arvestades meie senist teravilja tootmistaset ja tarbimist, võime märkida, et bioenergeetika eesmärgil teravilja kasutamine on ressursi piiratusest tingituna limiteeritud. Edaspidi võime aga arvestada, et teravilja kasvatuseks hästi sobivat maad on meil ligikaudu 1,5-2 korda rohkem kui seda on praegune teravilja kasvupind.



Joonis 3.1. Eesti teravilja ressurss ja kasutamine 1999/2000-2005/2006 aastatel

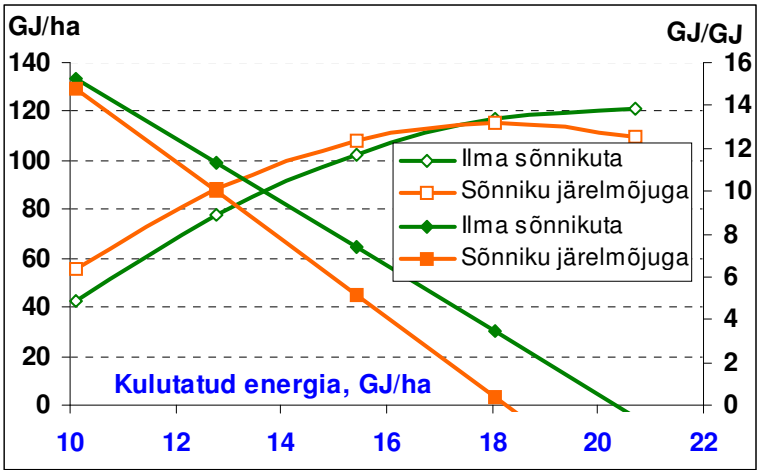
Võttes arvesse iga teravilja liigi terade ja põhu keskmise suhte, arvutati saakide alusel põhu kogutoodang ning selle alusel ka põhusaagi küttevääртus. Kokku toodeti 2004-2006 aastate keskmisena 673945 tonni põhku, mis energeetilises väärtuses moodustab 3201 GWh bioenergiat (table 3.2).

Tabel 3.2. Laokuiva põhu kogusaak ja selle bioenergeetiline väärtus 2004-2006 aastate keskmisena.

Maakond	Laokuiv põhk,t	GWh
Harju	37560	178
Hiiu	2549	12
Ida-Viru	15293	73
Jõgeva	73191	348
Järva	65383	311
Lääne	19802	94
Lääne-Viru	94920	451
Põlva	43739	208
Pärnu	39973	190
Rapla	31212	148
Saare	12923	61
Tartu	95762	455
Valga	34383	163
Viljandi	79422	377
Võru	27834	132
Kokku	**673945**	3201

Biokütusena põhk ilmselt lähiaastatel arvesse ei tule, sest see on üheks olulisemaks mulda tagastatavaks orgaanilise aine allikaks huumuse taastootmisel. Eriti oluline on seda arvestada Lõuna-Eesti vähehuumuslikel muldadel. Teraviljapõllul mineraliseerub mulla huumusevarust 1-1,5 t/ha kohta aastas. Kui tahame, et huumuse bilanss jääks tasakaalu peaksime värsket orgaanilist ainet mulda viima vähemalt 5-6 t/ha, sest selle humifikatsiooni koefitsient on

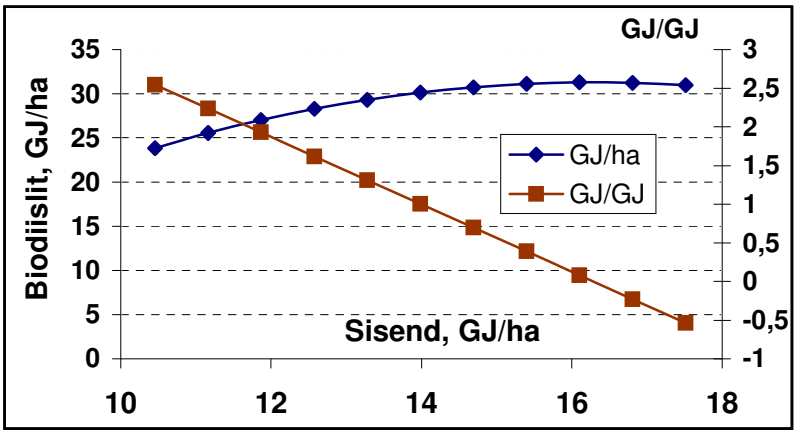
0,2-0,3. Juurte ja tüü absoluutkuiv biomass tavaliselt on 1,5-2 t/ha ning sellest moodustuks huumust väga piiratud kogustes. Ka on meie sõnnikukogused 3-4 korda vähenenud võrreldes varasema perioodiga. **Põhu kogusaagist võiks omada biokütusena väärtust vaid talivilja põhk, esmajoones rukki põhk, kuid seda vaid lokaalse küttena talu või ettevõtte kuivatites.**
Edaspidi, teravilja saagikuse suurenedes võib ka põhu kasutamine biokütusena meil suuremat tähtsust omada. Teraviljakasvatuses intensiivtehnoloogiat rakendades võib toota arvestatavas koguses bioenergiat (joonis 3.2). Kuigi väetiste energeetiline ekvivalent on suur, on nende kasutamisel nisu väetisena bioenergeetiline kasutegur väga kõrge.



Joonis 3.2. Nisu biokütusena (teradest bioetanooli ja põhk kütteks)

Kui hinnata PRIA poolt välja pakutud energiakultuuri toetuseks kehtestatud minimaalseid saagikuse tasemeid, siis on ilmne, et eeldatakse äärmiselt ekstensiivset tootmist, mis on aga energeetiliselt kui ka majanduslikult küsitav:
- raps 1200 kg/ha;
- rüps 1200 kg/ha;
- oder 2000 kg/ha;
- nisu 2000 kg/ha;
- kaer 1700 kg/ha;
- rukis 1700 kg/ha;
- tritikale 2000 kg/ha;
- päideroog 3000 kg/ha;
- ida-kitsehernes 3500 kg/ha;
- kanep (varred) 5000 kg/ha;
- paju 6000 kg/ha.

Kui analüüsida rapsi saagikust, mis sõltuvalt väetamisest varieerus 2-2,6 tonni piires hektari kohta, siis seda saagitaset biodiislina hinnates selgub, et kütuse kogus suurenes väetise arvel 23,9-lt GJ kuni 31,2GJ/ha kohta (joonis 3.3). **Võrreldes nisuga oli rapsi puhul bioenergeetiline kasutegur mitu korda väiksem. Kõige madalam oli rapsi omahind siis kui tootmissisendid ei ületanud 13 GJ/ha kohta. PRIA poolt välja pakutud saagitaseme korral kujuneb toodetava biodiislikütuse omahind väga kõrgeks.** Ka toodud teraviljasaakide arvel on võimalik toota vaid 600-800 l bioetanooli hektari kohta. Põhu küttevääртus on siin 20-25 GJ/ha kohta, kuid on täiesti selge, et nii madala saagi korral peame selle mulda viima, sest muidu muutub huumusbilanss negatiivseks ning nende muldade viljakus hakkab kiiresti langema.



Joonis 3.3. Biodiislikütuse tootmise võimalused rapsist sõltuvalt väetamisest ja teistest tootmissisenditest

Sõnnik.

Loomade arvukus on suurtootmise ajaga võrreldes vähenenud ligikaudu 3 korda. Seetõttu on kahanenud ka sõnnikukogused. Võttes arvesse loomade arvu ja vanuse 2006.a.ja loomühiku kohta toodetava sõnniku koguse, arvutati sõnnikukogused laudaperioodi kohta (tabel 3.3). Veisesõnniku kogused on ligikaudu kaks korda suuremad kui seasõnniku kogused. Kuid täiesti vastupidine olukord on Viljandi maakonnas, kus seasõnnikut toodetakse kaks korda rohkem veisesõnnikust. **Põllukultuuride kasvupinna kohta kasutatakse sõnnikut keskmiselt 3,9 t/ha, mis on oluliselt vähem optimaalsest normist. Sõnnikust on võimalik biogaasi toota suurfarmides, mujal on see ikkagi orgaaniliseks väetiseks.**

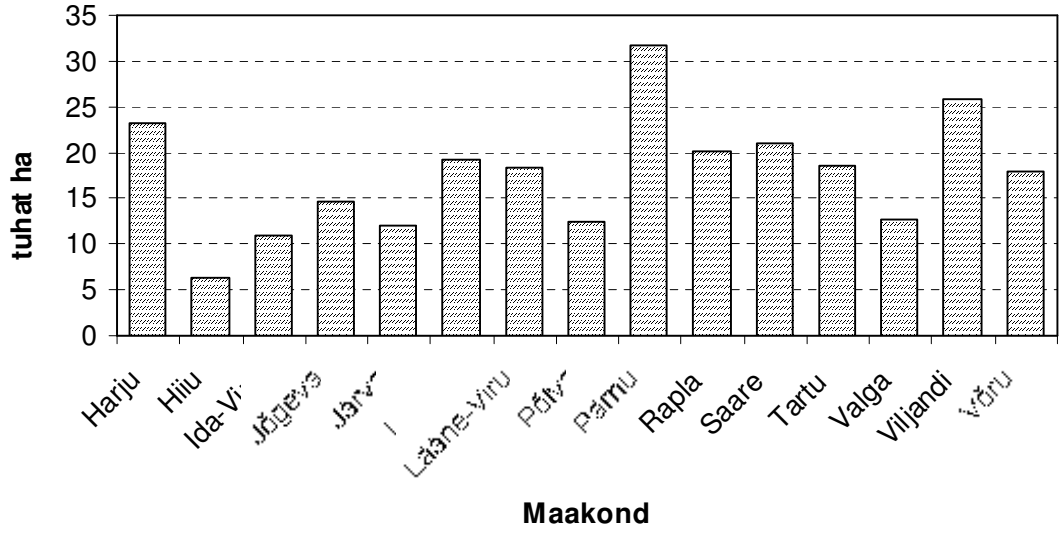
Tabel 3.3. Sõnniku tootmine ja kasutamine 2006.aastal

Maakond	Veisesõnnik	Seasõnnik	Lambasõnnik	Hobusesõnnik	Kokku	%	t/ha
Harju	82247	37275	3511	2400	125434	**6,0**	**4,2**
Hiiu	16226	8086	1997	480	26788	**1,3**	**8,0**
Ida-Viru	33570	4536	895	480	39482	**1,9**	**2,6**
Jõgeva	130924	57589	3098	1440	193052	**9,2**	**3,6**
Järva	180720	22878	1859	960	206417	**9,8**	**3,6**
Lääne	54272	15975	1515	960	72722	**3,5**	**3,7**
Lääne-Viru	173447	106303	1652	960	282362	**13,5**	**3,8**
Põlva	78331	52658	2341	480	133810	**6,4**	**4,0**
Pärnu	137079	10453	2479	2880	152890	**7,3**	**3,7**
Rapla	107425	38261	2065	960	148712	**7,1**	**4,9**
Saare	85604	49503	7091	2400	144599	**6,9**	**8,2**
Tartu	80569	46150	3098	2880	132697	**6,3**	**2,4**
Valga	51475	12425	3993	480	68373	**3,3**	**2,9**
Viljandi	90640	190320	3167	4320	288447	**13,7**	**4,8**
Võru	54272	24456	3718	960	83406	**4,0**	**4,1**
KOKKU	**1356802**	**676867**	**42480**	**23040**	**2099189**	**100,0**	**3,9**

3.2. Rohumaad ja looduslikud taimekooslused

Looduslikud rohumaad

Looduskaitseseaduse (RTI, 2004) järgi nimetatakse poollooduslike koosluste esinemisaladeks pikaajalise inimtegevuse mõjul kujunenud loodusliku elustiku kooslustega alasid, kus on niidetud heina või karjatatud loomi, nagu puisniidud, loopealsed, soostunud niidud, soo-, ranna-, lammi- ja aruniidud ning puiskarjamaad. Pärandkoosluste käsiraamatu (Kukk, 2004) järgi on poollooduslik kooslus ehk pärandkooslus inimese ümberkujundatud looduslik kooslus, mis sellisena püsib ainult mõõduka inimmõju abil. Poollooduslike koosluste esinemisaladel on vajalik nende ilmet ja liigikoosseisu tagav tegevus, nagu niitmine, loomade karjatamine, puu- ja põõsarinde kujundamine ja harvendamine või raadamine (RTI, 2004). Selline poollooduslike koosluste kasutamine on nende säilitamiseks ja ka taastumiseks primaarne tingimus, et säiliks bioloogiline- ja maastikuline mitmekesisus.
Pärandkoosluste käsiraamatus (Kukk, 2004) tähistab niit ja karjamaa eri kasutusviisiga rohumaid, kusjuures majandamisviis avaldab mõju poollooduslikku koosluse liigilisele koosseisule ja välimusele. Niit on geobotaaniline mõiste, mis tähistab mitmeaastastest rohtsetest mesofüütidest ehk parasniiskete kasvukohtade taimedest koosnevat taimekooslust (Krall *et al.,* 1980). Üldmõistena on kasutusel rohumaa. Laiamahulisema mõistena kasutatakse põllumajanduses ja maakatastris ka loodusliku rohumaa mõistet, mis ühtib enamasti poollooduslikku koosluse mõistega (Kukk, 2004). Looduslike rohumaade hulka kuuluvad need rohttaimekattega alad, kus on säilinud antud keskkonnatingimustele vastav looduslik rohukamar ja kus inimtegevus piirdub peamiselt saagi kasutamisega (Krall *et al.,* 1980). Pärandkoosluse käsiraamatu (Kukk, 2004) järgi võis viimasel põllumajandusloendusel (2001) loodusliku rohumaana arvele võtta ka neli aastat või kauem kündmata põllu. Statistikaameti (2007) andmetel on looduslike rohumaade hulka 2003. aastast arvestatud ka külvatud mitmeaastaste heintaimedega rohumaad, mida on kasutatud viis aastat või kauem. Nendel andmetel oli looduslikke rohumaid põllumajanduslikes majapidamistes 2001. aastal Eestis kokku 265 200 ha (joonis 3.4).



Joonis 3.4. Looduslikud rohumaad põllumajanduslikes majapidamistes 2001. aastal maakondade kaupa

Statistikaameti (2007) andmetel kasutati põllumajanduses looduslikke rohumaid 2001. aastal 264 068 ha, kuid 2005. aastaks on see pind langenud 237 077 ha (joonis 3.5).

Joonis 3.5. Põllumajandusmaana kasutuses olev looduslik rohumaa pindala kolmel erineval aastal Eestis

Looduslike rohumaade inventuuri käigus (Krall *et al.,* 1980) uuriti looduslikke rohumaid kokku 303 117 hektaril, sh kasutamiskõlblikke 165 069 ha. Nendest andmetest aga ei selgu, kui palju oli arvestatud ja kasutuses või kasutusest väljalangenud poollooduslikke kooslusi. Samas on näha drastilist vähenemist looduslike rohumaade, sh poollooduslike koosluste pindalades.
Nagu eelnevalt mainitud, on looduskaitseseaduse (RTI, 2004) järgi vajalik poollooduslike koosluste ilmet ja liigikoosseisu tagav tegevus. Keskkonnaministri 1. juuni 2004. a määrusega nr 62 (RTL, 2004) on poollooduslike koosluste hooldamisele ja taastamisele seatud erinevaid tingimusi:

- ei tohi kasutada kasvuregulaatoreid;
- ei tohi künda ja külvata, kuna see rikub väljakujunenud koosluse;
- ei tohi rajada kuivendussüsteeme, kuna see muudab mulla niiskusrežiimi ja seeläbi vastavas kohas kasvavat kooslust;
- ei tohi kasutada pestitsiide või väetisi (sh meliorante), kuna see rikub bioloogilist mitmekesisust ja domineerima hakkavad sellele kohale mitteiseloomulikud liigid;
- ei tohi kasutada lindude peletamise vahendeid, kuna see mõjub halvasti loomastiku mitmekesisusele;
- puisniidu hooldamisel tuleb niitmist alustada pärast 1. juulit, hein tuleb riisuda ja ära vedada, hoida puistu ja põõsastik hõredana (liituvusega 0,2–0,5), niitmisjärgsel karjatamisel ei tohi ületada karjatamiskoormust 0,5 loomaühikut (lü) ha^{-1}, kuna see kaitseb bioloogilise mitmekesisuse looduskaitselisi eesmärke;
- lamminiidu (luha), soostunud niidu ja sooniidu hooldamisel tuleb niitmist alustada pärast 1. juulit, niita tuleb keskelt-lahku või servast-serva meetodil, hein riisuda ja ära vedada, kuna siin kehtib sama, mis eelmises punktis;
- lamminiidul peab keskkonnakaitse eesmärkidel karjatamiskoormus jääma vahemikku 0,2–1,0 lü ha^{-1};
- aruniidu hooldamisel tuleb niita keskelt-lahku või servast-serva meetodil, hein tuleb riisuda ja ära vedada;
- aruniidu hooldamisel karjatamisega peab karjatamiskoormus jääma vahemikku 0,2–1,2 lü ha^{-1};
- loopealse hooldamisel tuleb karjatada koormusega 0,2–1,0 lü ha^{-1} või niita lamminiidule kehtestatud nõuete kohaselt, hoides põõsastik hõredana (liituvusega 0–0,4) ning rohustu madalmurune;

- rannaniidu hooldamisel tuleb karjatada koormusega 0,4–1,3 lü ha^{-1} või niita lamminiidule kehtestatud nõuete kohaselt, karjatamise tulemusena peab vähemalt pool karjatatavast alast olema madalmurune;
- rannaniidu või lamminiidu puhastamisel tihedast pilliroost tuleb pilliroogu niita korduvalt või peale niitmist karjatada loomi. Niitmise ja karjatamise tulemusena ei tohi pilliroog olla kõrgem kui 0,5 m;
- puiskarjamaa hooldamisel tuleb tagada puistu liituvus vähemalt 0,2, karjatada koormusega 0,3–1,0 lü ha^{-1}, vajadusel hõrendada puistut ja põõsastikku;
- niitude või loopealsete võsast või tihedast pilliroost puhastamisel ning puisniidul ja puiskarjamaal puurinde liituvuse vähendamisel puistu grupilise struktuuri taastamise eesmärgil tuleb raiutud võsa või eemaldatud pilliroog koristada, põletada või peenestada;
- ebatasase või mätastunud lamminiidu, soostunud niidu või sooniidu niitmisel ja kuni 1,5 meetri kõrgusest hõredast võsast puhastamisel võib jätta raiutud võsa koristamata, põletamata või peenestamata;
- puisniidul ja puiskarjamaal ei tohi puurinde liituvust vähendada korraga rohkem kui 4 astme võrra;
- linnualal asuva poldri hooldamisel tuleb niitmist alustada pärast 1. juulit, niita keskelt-lahku või servast-serva meetodil, hein riisuda ja ära vedada.

Nendel tingimustel kohustatakse poollooduslikke kooslusi hooldama ja selle eest makstakse loodushoiutoetusi. Samas põllumajanduse vähenemise ja kontsentreerumisega pole enamasti kogutud heinale tavapärast kasutust. Probleeme on näiteks Alam-Pedja looduskaitsealal olevate lamminiitude heina realiseerimisega (LKÜ Kotkas juhi Robert Oetjeni suulised andmed). Jaak-Albert Metsoja (LKÜ Kotkas) suulistel andmetel õnnestus tänu 2006. aasta põuale osa (ligikaudu 1000 heinapalli, a' 0,2 t) lamminiitude heinast müüa ASile Aravete Agro, mis asub peaaegu 100 km kaugusel, ja tänavu on heina veetud hobustele Ihaste tallides ja isegi Tallinnasse hipodroomile ning lehmadele Luunjas. Mida kaugemale veetakse, seda suuremad on materiaalsed ja energeetilised kulud. Suurtel põllumajandusettevõtetel pole kasutuses poollooduslikke kooslusi (AS Aravete Agro juhatuse esimehe Leonid Linkovi ja Järvamaa Tootjate Ühenduse juhi Enn Reismanni suulised andmed), kuna need ei anna võrreldes kultuurrohumaadega stabiilset ühtlast ja suurt saaki.

Kohustused poollooduslikke koosluste hooldamiseks on kehtestatud, aga alternatiivseid kasutusstrateegiaid sellele heinale leitud ei ole. Üheks võimaluseks võib olla erinevate tehnoloogiate kasutuselevõtmine bioenergia saamiseks, milleks tuleb eelnevalt uurida poollooduslike koosluste võimalikku ressurssi, selle omadusi, kus ja kui palju jms. See võimaldaks energeetikas üle minna väiksemate jäätmekogustega tehnoloogiatele ja veel kasutamata taastuvale ressursile.

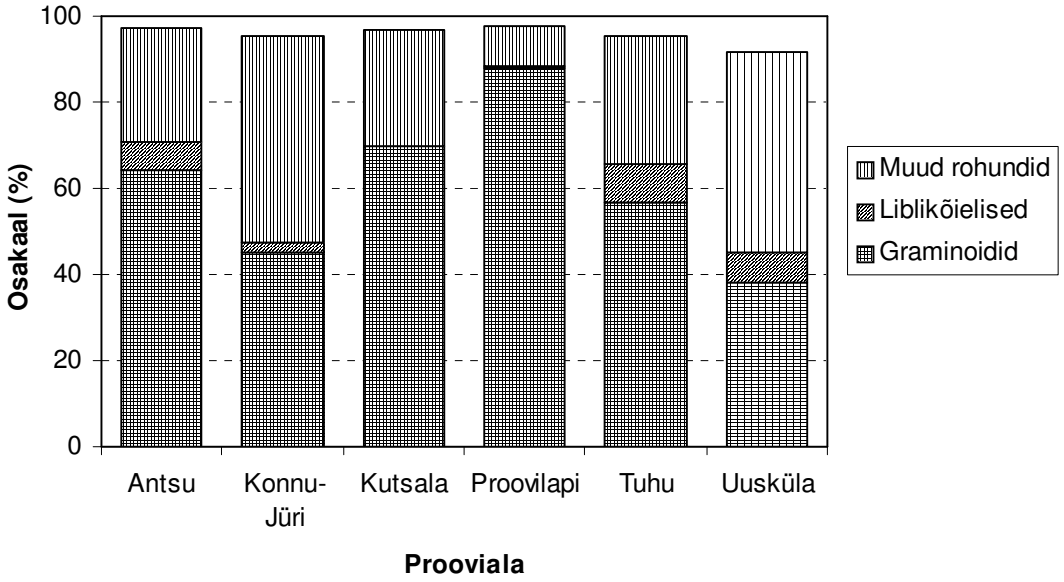
Välitööde tulemused.

Selle uurimusega püüti hinnata erinevate rohumaade bioproduktsiooni ja selle varieerumist koosluse eripärast sõltuvalt. Samas peame arvestama, et ka looduslike rohumaade saagitase võib aastate lõikes väga suuresti erineda, mistõttu nende ühe aasta andmete põhjal ei tohi ennatlikke järeldusi teha.

Pärisaruniidu proovialasid uuriti neljas maakonnas kuuel proovialal, pindalaga kokku 43,7 ha (PKÜ 2007 andmetel). Kõige väiksem prooviala pindala on 1,8 ha (Antsu pärisaruniit) ja suurim on 15,8 ha (Tuhu pärisaruniit). See teeb prooviala keskmiseks pindalaks 7,3 ha.

Alljärgneval joonisel 3.6 on esitatud proovialade botaaniliste gruppide osakaalude aritmeetilised keskmised. Domineerivad on graminoidid. Ainult Konnu-Jüri ja Uusküla proovialadel on graminoidide osakaal alla poole, vastavalt 45 ja 38 %. Nimetatud kaks prooviala on kõige sarnasemate botaaniliste gruppide osakaaludega. Võrreldes puisniiduga, on pärisaruniidu kõigil proovialadel vähemal või rohkemal määral esindatud liblikõielised. Kõige suurem liblikõieliste osakaal on Tuhu proovialal ja väiksem Lodina proovialal. Pärisaruniidu proovialadel mõõdetud

biomassi aritmeetiline keskmine kõrgus on 810 mm. Minimaalne kõrgus on 219 mm (Proovilapi pärisaruniit) ja maksimaalne 1552 mm (Konnu-Jüri pärisaruniit). Kõrguse mediaaniks on 771 mm ja kõige tõenäolisem kõrgus ehk kõrguse mood on 533 mm. Biomassi kõrguse hajuvuse standardhälve on 346. See on suurem kui puisniidu biomassi kõrguse standardhälve, mis on 213. Pärisaruniidu proovialade biomassi kõrguse variatsioonikordaja e. massi suhteline varieeruvus on 43 %. Pärisaruniidu proovialade kõrguse asümmeetriakordaja on 0,47 ja ekstsess on 0,71. Seega on pärisaruniidu biomassi kõrguse puhul tegemist paremale väljavenitatud jaotusega, millel ei ole rohkem üksikuid äärmuslikke väärtusi võrrelduna normaaljaotusega.



Joonis 3.6. Pärisaruniidu botaaniliste gruppide keskmised osakaalud (%) proovialade kaupa

Tabelis 3.4. on esitatud pärisaruniidu proovialade biomassi kõrguste arvkarakteristikud. Tabelis on näha, et suurim rohtse biomassi keskmine kõrgus on Konnu-Jüri proovialal, kus on ka suurimad minimaalne ja maksimaalne kõrgus. Antud prooviala biomassi kõrguse mediaan on 1410 mm. Kõige väiksema keskmise kõrgusega on Proovilapi prooviala, kus on ka esindatud proovialade minimaalseim kõrgus. Uusküla pärisaruniidu biomassi aritmeetiline keskmine kõrgus on võrdväärne kõrguse mediaaniga, millest väiksemate ja suuremate väärtuste esinemise tõenäosus on 0,5. Suurima kõrguse hajuvusega on Kutsala rohtne biomass ja kõige väiksema biomassi kõrguse hajuvusega on Tuhu prooviala.

Tabel 3.4. Pärisaruniidu rohtse biomassi kõrguse (mm) arvkarakteristikud proovialade kaupa

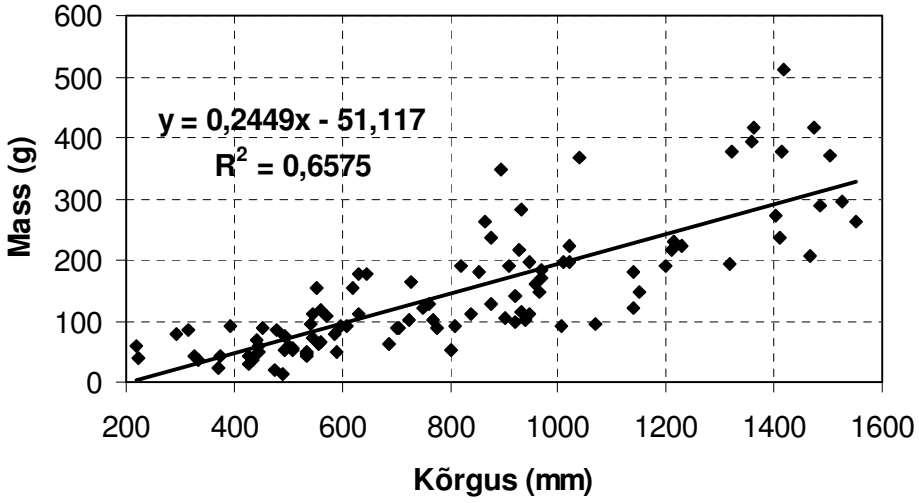
Prooviala	Antsu	Konnu-Jüri	Kutsala	Proovilapi	Tuhu	Uusküla
Min (g)	560,0	970,0	533,0	219,0	224,0	820,0
Max (g)	1005,0	1552,0	1070,0	800,0	590,0	1214,0
h kesk (g)	824,8	1377,8	724,2	465,8	459,6	1008,1
Me (g)	900,0	1410,0	705,0	446,0	489,0	1008,0
s	145,9	142,5	149,7	135,3	97,5	123,1
V (%)	18	10	21	29	21	12

Pärisaruniidu proovialade biomassi märgkaalu keskmine on 147,3 g, mediaan 111,4 g, millest väiksemate ja suuremate väärtuste esinemise tõenäosus on 0,5. Kõige tõenäosem mass ehk mood on 191,5. Minimaalne ja maksimaalne mass on vastavalt 12,6 ja 511,7 g. Äärmuslike masside põhjal võib öelda, et hajuvus on suur. Proovialade masside standardhälve on 115. See on kaks korda rohkem kui on puisniitude proovialadel. Variatsioonikordaja on 78 %. Proovialade massi asümmeetriakordaja ja ekstsess on vastavalt 1,36 ja 1,21 ning seega on tegemist paremale väljavenitatud jaotusega ja rohkem on üksikuid äärmuslikke väärtusi võrrelduna normaaljaotusega. Tabelis 3.5. on esitatud pärisaruniidu proovialade rohtse biomassi märgkaalu statistilised arvkarakteristikud. Suurimat kogust värsket biomassi on võimalik saada Konnu-Jüri proovialal, kus keskmine mass on 308,1 g. Nimetatud proovialal on suurimad ka minimaalne ja maksimaalne mass ning suurim on ka massi hajuvus. Kõige väiksema massi varieeruvusega on Proovilapil kogutud biomass, mille aritmeetiline keskmine on 70,8 g ja mediaan 69,8 g.

Tabel 3.5. Pärisaruniidu biomassi (g) arvkarakteristikud proovialade kaupa

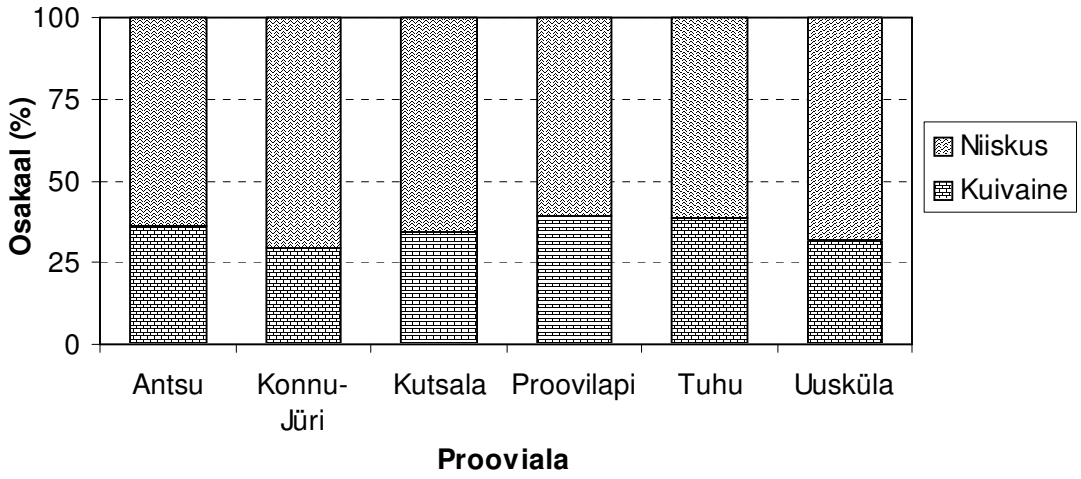
Prooviala	Antsu	Konnu-Jüri	Kutsala	Proovilapi	Tuhu	Uusküla
Min (g)	90,8	182,9	47,5	35,9	12,6	120,8
Max (g)	216,6	511,7	155,3	109,1	110,4	368,8
mass kesk (g)	140,8	308,1	95,7	70,8	50,4	218,0
Me (g)	139,7	287,7	91,5	69,8	44,2	196,2
s	37,4	96,8	29,0	20,7	25,2	66,5
V (%)	27	31	30	29	50	30

Võrreldes puisniidu proovialade biomasside hajuvusega, on pärisaruniidu proovialade biomassi hajuvus kaks korda suurem. Suurem on ka aritmeetiline keskmine, aga mediaan on väiksem.
Uurides kahe eelneva tunnuse vahelist seost, leiti biomassi märgkaalu ja kõrguse vaheline tugev lineaarne seos, lineaarne korrelatsioonikordaja on 0,81 (joonisel 3.7). Pärisaruniitude proovialade biomassi märgkaal on seda suurem, mida suurem on taimkatte kõrgus. Madalama kasvuga biomass on üldiselt kergem. Seega kõrgema kasvu puhul saab rohkem biomassi ja vastupidi, madalama kasvuga biomassi puhul saadakse vähem biomassi. Joonisel oleva lineaarse regressioonvõrrandiga on kirjeldatud suurem osa funktsioontunnuse varieeruvusest (r^2= 0,6575). Teades biomassi kõrgust on võimalik selle lineaarfunktsiooniga arvutada biomassi kaalu.



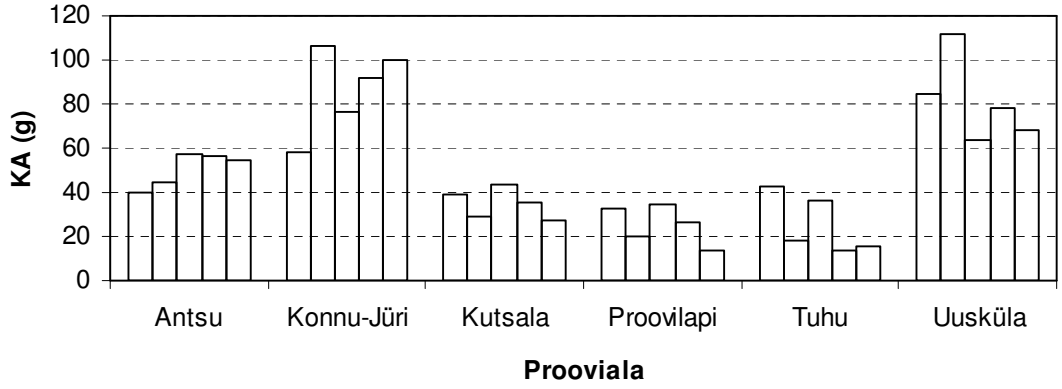
Joonis 3.7. Pärisaruniidu proovialade biomassi kõrguse ja märgkaalu vahelise sõltuvuse lineaarne regressioon

Joonisel 3.8. on esitatud proovialade proovide kuivaine- ja niiskusesisalduse (%) aritmeetilised keskmised. Joonisel 3.5. on näha, et taimne biomass sisaldab oma kaalust üle poole vett. Pärisaruniidu proovialade biomassi niiskusesisalduse aritmeetiline keskmine on 65 % ja mediaan on võrdne aritmeetilise keskmisega. Pärisaruniidu proovialade biomassi minimaalne niiskusesisaldus on 49 % (Tuhu) ja maksimaalne 75 % (Kutsala). Pärisaruniidu proovialade biomassi kuivaine (KA) massi aritmeetiliseks keskmiseks on 50,7 g ja mediaaniks 43 g, minimaalne mass on 13,5 g ja maksimaalne 111,8 g. Hajuvus on suur. Pärisaruniitude biomassi kuivaine massi dispersioon on 799,5 ja standardhälve on 28,3 ning variatsioonikordaja 56 %.



Joonis 3.8. Pärisaruniidu biomassi niiskuse- ja kuivainesisalduse keskmised proovialade kaupa

Joonisel 3.9. on esitatud pärisaruniidu proovialade proovide kuivaine massid. Joonisel on näha, et kõige rohkem kuivainet on saadud Uusküla proovialalt (111,8 g) ja kõige vähem kuivainet on saadud Proovilapi proovialalt (13,5 g). Ühtlasemat kuivaine massi on võimalik saada Kutsala proovialalt. Sarnasemad kuivaine saagid on Kutsala, Proovilapi ja Tuhu proovialal. Viimase prooviala kuivaine massi hajuvus on suurem ülejäänud kahest. Tuhu prooviala standardhälve on 13,3 (tabel 3.6.). Selle prooviala kuivaine massi aritmeetiline keskmine on kõige väiksem, samuti on biomassi märgkaalu aritmeetilise keskmisega.



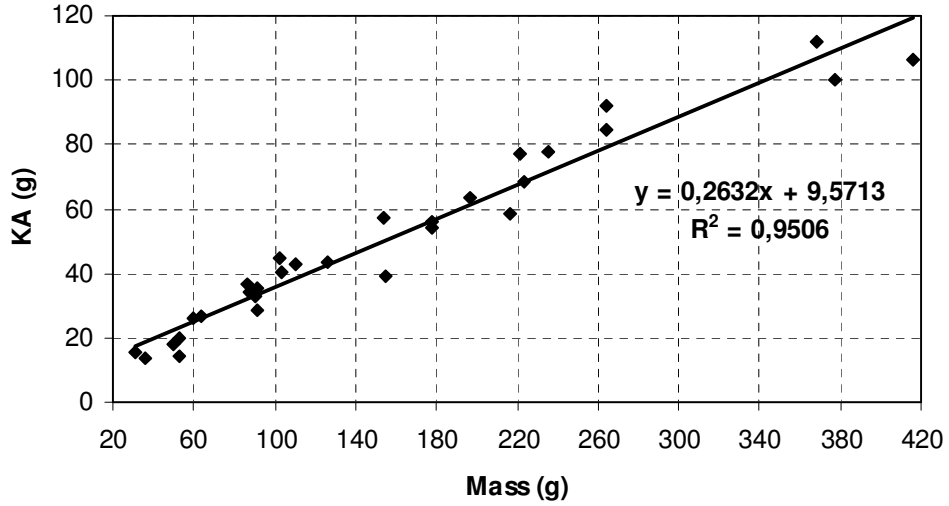
Joonis 3.9. Pärisaruniidu proovialade kuivaine (KA) massid

Tabelis 3.6. on esitatud pärisaruniidu proovialade kuivaine arvkarakteristikud. Tabelist on näha, et suurima kuivaine massiga on kaks prooviala, nii Konnu-Jüri kui Uusküla (vt ka joonis 3.4.). Nende proovide kuivaine aritmeetilised keskmised on kõige suuremad, massid vastavalt 106,3 ja 111,8 g. Samaväärne on ka nende hajuvus. Standardhälve on vastavalt 19,3 ja 19 ning variatsioonikordaja 22 ja 23. Kõige väiksema standardhälbega on Kutsala proovid, aga selle suhe aritmeetilisse keskmisse on samaväärne Konnu-Jüri ja Uusküla proovidega. Kutsala proovide aritmeetiline keskmine on samuti ka kõige väiksem.

Tabel 3.6. Pärisaruniidu proovialade biomassi proovide kuivaine (g) arvkarakteristikud

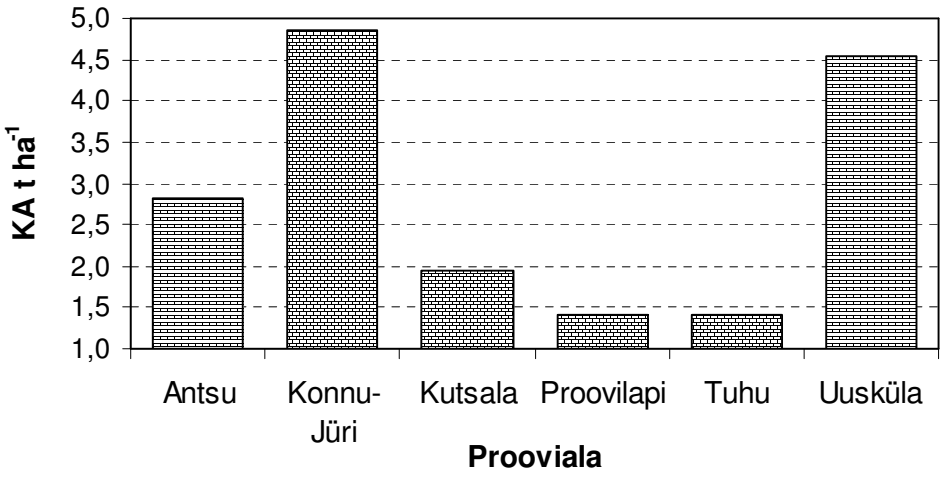
Prooviala	Antsu	Konnu-Jüri	Kutsala	Proovilapi	Tuhu	Uusküla
Min (g)	40,2	58,3	26,9	13,5	14,0	63,7
Max (g)	57,2	106,3	43,4	34,3	42,6	111,8
KA kesk (g)	50,5	86,7	34,8	25,4	25,3	81,2
Me (g)	54,4	92,1	35,5	26,3	17,8	77,8
s	7,6	19,3	7,0	8,7	13,3	19,0
V (%)	15	22	20	34	52	23

Uurides pärisaruniidu biomassi märgkaalu ja kuivaine massi vahelist seost, leiti loomulikult nende kahe tunnuse vaheline tugev seos, mille lineaarne korrelatsioonikordaja on 0,97 ja determinatsioonikordaja 0,95. Nende kahe tunnuse kõige väiksem korrelatsioonikordaja neljast proovialast on Konnu-Jüri pärisaruniidul (0,82). Järgneval joonisel 3.10. esitatud pärisaruniidu biomassi märgkaalu ja kuivaine vaheline lineaarne regressioon. Joonisel on näha, et kuivaine mass sõltub biomassi märgkaalust ja üldiselt on suurema hulga rohtse massi puhul ka rohkem kuivainet ja vastupidi. Joonisel on esitatud lineaarne sirge ja lineaarfunktsioon (r^2= 0,95), kuna see on arvestatavalt täpsem logaritmfunktsioonist. Lineaarvõrrandiga on tegemist täpsema prognoosimudeliga. Antud lineaarne funktsioon võimaldab puisniitudel arvutada kuivaine massi kui on teada värske proovi biomassi kaal.



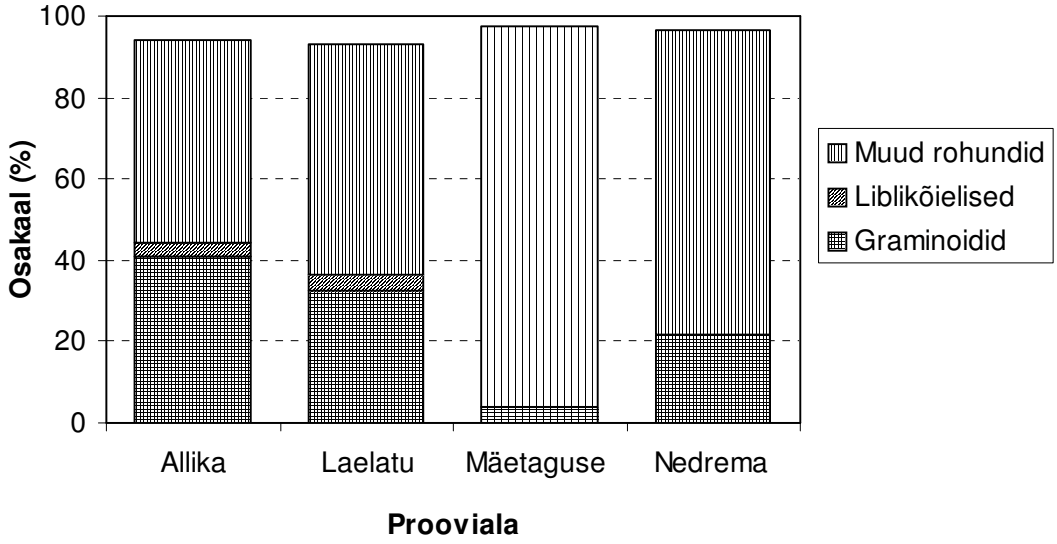
Joonis 3.10. Pärisaruniidu proovialade biomassi ja selle kuivaine vaheline lineaarne regressioon

Joonisel 3.11. on esitatud pärisaruniidu proovialade proovide kuivaine massi aritmeetilised keskmised proovialade kaupa. Kõige suuremad kuivaine massi keskmised saadi Konnu-Jüri ja Uusküla proovialalt, kus saagikus on vastavalt 4,9 ja 4,5 t KA ha^{-1}, standardhälbega vastavalt 19,3 ja 19 ning variatsioonikordajaga 22 % ja 23 %. Nendest kahest proovialast 40 % vähem saaki annab Antsu prooviala, kus saagikuse keskmiseks saadi 1,95 t KA ha^{-1}. Viimati nimetatud prooviala on samas kõige väiksema standardhälbe (7,6) ja suhtelise hajuvusega 15 %. Seega on Antsu proovialalt võimalik saada ühtlast suurt saaki. Ülejäänud kolme pärisaruniidu saagikus jääb alla kahe tonni kuivainet hektarilt. Nendest kolmest kõige stabiilsemat ja suurimat saaki on võimalik saada Kutsala proovialalt, kus keskmiseks saagikuseks saadi 1,9 t KA ha^{-1}, standardhälbega 7,0 ja variatsioonikordajaga 25 %.
Kokkuvõtteks võib väita, et uuritud pärisaruniitude keskmine saagikus on 2,8 t KA ha^{-1}, mediaaniks on 2,4 t KA ha^{-1}. Minimaalne saagikus on 0,8 t KA ha^{-1} ja maksimaalne on 6,3 t KA ha^{-1}. Standardhälve on 1,6 ja suhteline hajuvus on 56 %. **PKÜ (2007) pool-looduslike koosluste andmebaasi pärisaruniidu proovialade pindalade põhjal saadi saagikuse kaalutud keskmiseks 2,1 t KA ha^{-1}.**



Joonis 3.11. Pärisaruniidu kuivaine keskmine saagikus proovialade kaupa

Puisniidu proovialasid uuriti kolmes maakonnas neljal proovialal, pindalaga kokku 170,6 hektaril (ha) (PKÜ 2007 andmetel). Kõige väiksem prooviala pindala on 5,9 ha (Allika puisniit) ja suurim on 114,5 ha (Nedrema puisniit). See teeb prooviala keskmiseks pindalaks 43 ha.
Puisniidu proovialade rohustu koosneb põhiliselt rohunditest. Joonisel 3.12 on esitatud proovide botaaniliste koostiste aritmeetilised keskmised proovialade kaupa. Alla poole rohtsest biomassist kuulub graminoidide gruppi. Kõige vähem graminoide on Mäetaguse proovialal. Samuti pole seal esindatud liblikõielisi. Nimetatud proovialal domineerivad rohundid. Sellised osakaalud Mäetaguse proovialal võivad olla tingitud tugevas varjus kasvavast ja suurte puude mõjusfääris olevast biomassist. Liblikõielised on esindatud vaid nendel kahel proovialal, millised asuvad Läänemaal. Nimetatud kahe prooviala rohustu botaaniliste gruppide osakaalud on sarnased, võrreldes ülejäänud kahe puisniiduga (Mäetaguse, Nedrema). See võib olla seletatav sellega, et tänu pikemaajalisemale hooldamisele ja asumisele looduskaitsealadel, on nende väljakujunenud stabiilsed rohumaakooslused paremini säilinud.



Joonis 3.12. Puisniidu botaaniliste gruppide keskmised osakaalud (%) proovialade kaupa

Proovialadel mõõdetud biomassi minimaalne kõrgus on 384 mm ja maksimaalne 1416 mm. Puisniidu proovialade keskmine kõrgus on 798 mm, kõrguse mediaan on 758,5 mm, millest väiksemate ja suuremate väärtuste esinemise tõenäosus on 0,5. Kõige tõenäolisem kõrgus ehk kõrguse mood on 760 mm. Biomassi kõrguse standardhälve on 213. Seega varieeruvus on suur, dispersioon on 45 490. Variatsioonikordaja ehk juhusliku suuruse suhteline varieeruvus on 27 %. Proovialade kõrguse puhul on asümmeetriakordaja ja ekstsess positiivsed (vastavalt 0,90 ja 1,22), seega on vastavalt tegemist paremale väljavenitatud jaotusega ja rohkem on üksikuid äärmuslikke väärtusi võrrelduna normaaljaotusega.

Järgnevas tabelis 3.7 on esitatud proovialade rohtse biomassi kõrguste arvkarakteristikud. Tabelist on näha, et suurimad ja äärmuslikud, teistest proovialadest erinevamad väärtused on Mäetaguse proovialal. Proovialade aritmeetilise keskmisega (KA kesk) on kõige sarnasem Allika puisniidu taimkatte keskmine kõrgus. Proovialade kõige tõenäolisema kõrgusega, kõrguse moodiga, ühtib Nedrema puisniidu kõrguse mediaan (Me). Nedrema puisniidu mõõdetud kõrguse hajuvus (standardhälve s) on kõige väiksem, ja suurim Mäetaguse proovialal. Kõige väiksem on variatsioonikordaja (V) Nedrema proovialal.

Puisniidu proovialade biomassi märgkaalu minimaalne mass on 31,4 g ja maksimaalne 355,4 g (table 3.8). Masside aritmeetiliseks keskmiseks on 135,1 g ja mediaaniks 135,7 g, millest väiksemate ja suuremate väärtuste esinemise tõenäosus on 0,5. Biomassi märgkaalu dispersioon on 2875 ja standardhälve, ruutjuur dispersioonist on 54. Variatsioonikordaja on 40 %. Proovialade märgkaalu asümmeetriakordaja ja ekstsess on positiivsed, vastavalt 1,16 ja 3,52 ning seega on tegemist paremale väljavenitatud jaotusega ja rohkem on üksikuid äärmuslikke väärtusi võrrelduna normaaljaotusega.

Tabel 3.7. Puisniidu proovialade biomassi kõrguse (mm) arvkarakteristikud

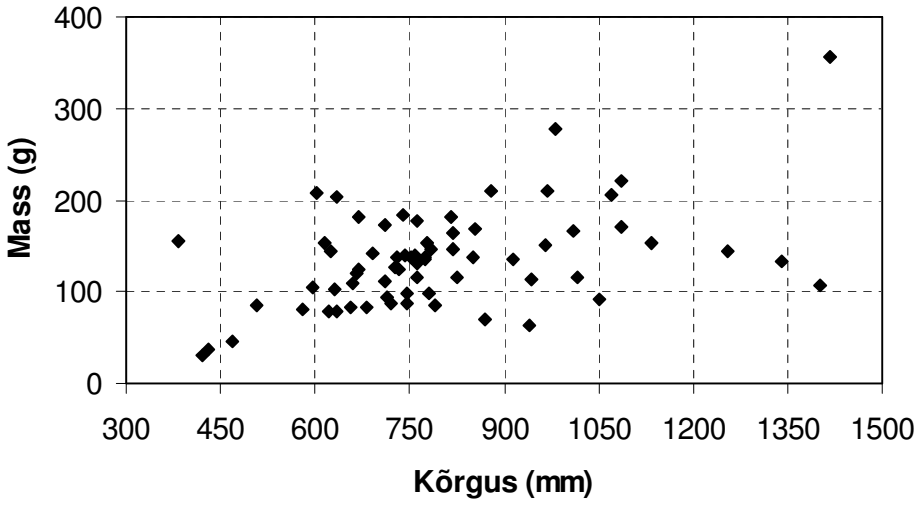
Prooviala	Allika	Laelatu	Mäetaguse	Nedrema
Min (g)	470,0	420,0	384,0	625,0
Max (g)	1254,0	1087,0	1416,0	1340,0
h kesk (g)	797,4	733,7	843,8	815,8
Me (g)	757,0	710,0	780,0	760,0
s	185,8	198,0	277,2	181,6
V (%)	23	27	33	22

Kõige suurem oli biomass Mäetaguse puisniidul. Sama prooviala hajuvus (standardhälve s) on ka kõige suurem. Massi kõige väiksema varieeruvusega on Nedrema puisniidul kogutud biomass. Samas ei ole selle aritmeetiline keskmine kõige väiksem. Sellest väärtusest on madalamad Allika ja kõige väiksema massi aritmeetilise keskmisega Laelatu puisniidul kogutud biomass. Nedrema puisniidu biomassi aritmeetiline keskmine on kõige ligilähedasem puisniidu proovialade aritmeetilisele keskmisele ja mediaanile. Variatsiooni kordaja (V) on kõige väiksem Nedrema ja suurim Mäetaguse proovialal. Laelatu prooviala variatsioonikordaja on võrdne puisniidu proovialade massi variatsioonikordajaga.

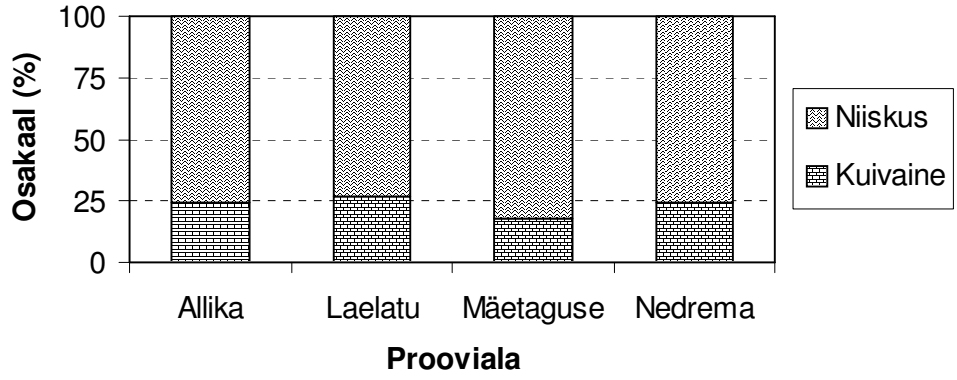
Tabel 3.8. Puisniidu proovialade biomassi (g) arvkarakteristikud

Prooviala	Allika	Laelatu	Mäetaguse	Nedrema
Min (g)	45,4	31,4	63,5	77,9
Max (g)	210,5	172,4	355,4	183,3
mass kesk (g)	131,7	105,5	167,7	135,4
Me (g)	134,9	102,4	153,8	141,3
s	42,5	42,0	73,1	32,5
V (%)	32	40	44	24

Joonisel 3.13. on esitatud uuritavate puisniitude biomassi kõrguste ja massi vaheline hajuvusdiagramm. Joonisel on näha kõrguse ja massi vahelist suurt hajuvust. Kahe tunnuse vahelist seost iseloomustav korrelatsioonikordaja on 0,46. Seega on puisniitude proovialade biomassi kõrguse ja massi vaheline seos nõrk ja ei saa väita, et biomassi suurem kõrgus tagab suurema massi ja vastupidi, et madalama kasvuga biomass annab vähem rohtset massi.
Puisniidu proovialade proovide biomassi aritmeetiline keskmine niiskusesisaldus oli 77 %, mediaan on võrdne aritmeetilise keskmisega. Proovide minimaalne niiskusesisaldus oli 70 % (Laelatu) ja maksimaalne 86 % (Mäetaguse) puisniidul.
Joonisel 3.14. on esitatud proovialade proovide kuivaine- ja niiskusesisalduse aritmeetilised keskmised. Värske taimne biomass sisaldab väga suure osa vett ja kuivaine osakaal on umbkaudu 25%.



Joonis 3.13. Puisniidu proovialade biomassi kõrguse ja massi vaheline hajuvusdiagramm



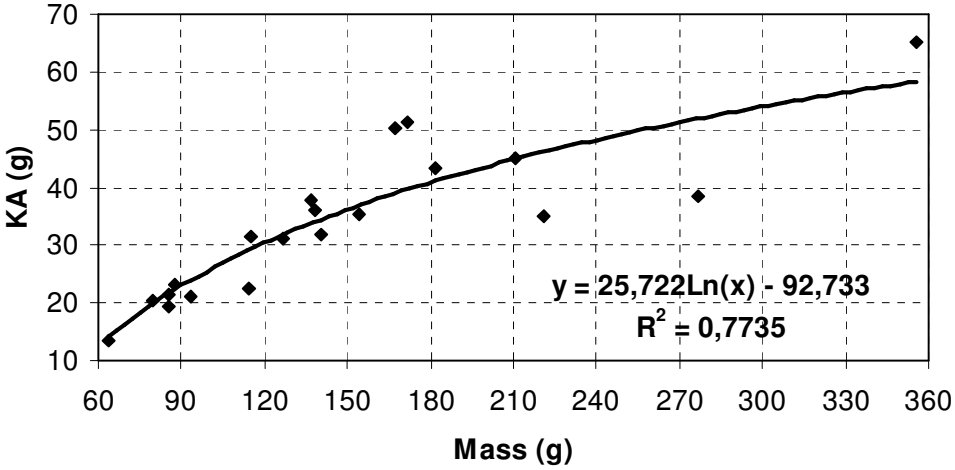
Joonis 3.14. Puisniidu proovialade proovide kuivaine- ja niiskusesisaldus (%)

Puisniidu proovialade minimaalne biomass kuivaines (KA) oli 13,5 g ja maksimaalne 65,2 g. Mõlemad äärmised väärtused on saadud Mäetaguse proovialalt (tabel 3.9). KA aritmeetiliseks keskmiseks on 33,7 g ja mediaaniks 33,4 g, millest väiksemate ja suuremate väärtuste esinemise tõenäosus on 0,5. Biomassi kuivaine dispersioon on 169 ja standardhälve on 13. Variatsioonikordaja on 39 %.

Tabel 3.9. Puisniidu proovialade proovide kuivaine arvkarakteristikud

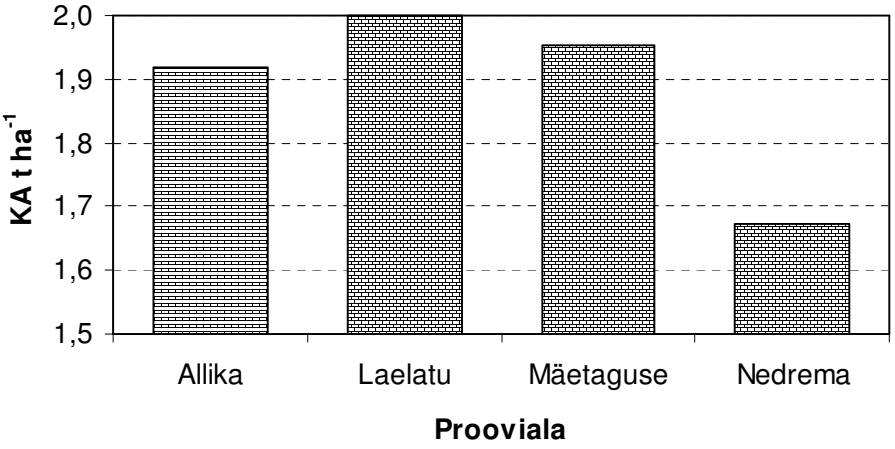
Prooviala	Allika	Laelatu	Mäetaguse	Nedrema
Min (g)	20,4	19,4	13,5	21,2
Max (g)	45,2	51,4	65,2	37,8
KA kesk (g)	34,3	35,7	34,9	29,9
Me (g)	31,4	36,1	35	31,8
s	10,2	15,3	19,6	7,3
V (%)	30	43	56	25

Võrreldes puisniidu proovialade kuivaine arvkarakteristikuid pärisaruniitude andmetega, on võimalik täheldada sarnasusi, kuigi proovialade kuivaine massi hajuvus erineb üle kahe korra. Standardhälve on pärisaruniidul 28,3 ja puisniidul 13. Pärisaruniidu ja puisniidu kuivaine massi minimaalsed väärtused on võrdsed, aga maksimaalsed on vastavalt 111,8 ja 65,2 g. Aritmeetiline keskmine vastavalt 50,7 ja 33,7 g ning mediaan 43 ja 33,4 g.
Puisniidu proovialade biomassi märgkaalu ja kuivaine massi vaheline lineaarne korrelatsioonikordaja on 0,84. Joonisel 3.15 on esitatud ka logaritmfunktsiooni kõver ja võrrand, mille alusel on võimalik arvutada kuivaine massi teades biomassi märgkaalu. Lineaarse regressiooni korral on determinatsioonikordaja väiksem (r^2=0,7072).



Joonis 3.15. Puisniidu proovialade proovide biomassi ja kuivaine vahelise sõltuvuse lähendamine logaritmfunktsiooniga

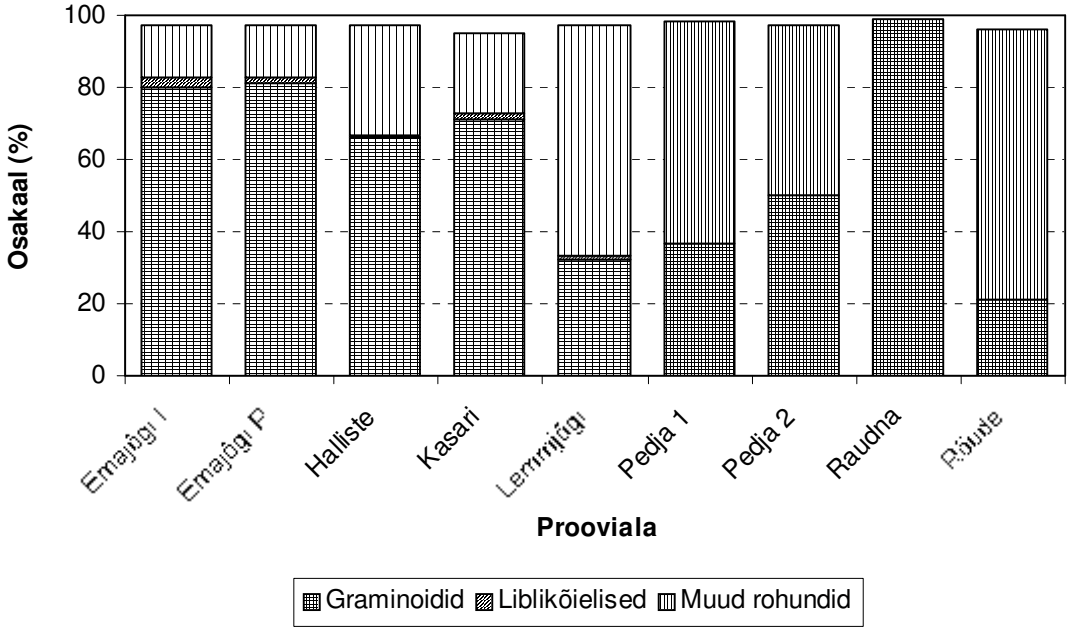
Lõpetuseks on joonisel 3.16. esitatud puisniidu kuivainesaagid proovialade kaupa. Suurima saagikusega on Laelatu puisniit, kus keskmiseks kuivaine saagiks kujunes 2,0 t KA ha^{-1}. Järgneb saagikuselt Mäetaguse puisniit, kus keskmiseks saagiks saadi 1,95 t KA ha^{-1}, kuid see oli suurima hajuvusega, standardhälbega 19,6. Standardhälbe suhe aritmeetilisse keskmisse on 56 %.



Joonis 3.16. Puisniidu proovialade keskmine kuivaine produktsioon

Mäetaguse puisniiduga samaväärne tulemus saadi ka Allika puisniidul, kuid siin saagi varieeruvus oli peaaegu kaks korda väiksem, standardhälbega 10,2 ja variatsioonikordajaga 30 %. Kõige ühtlasemat saaki tagab Nedrema puisniidu kooslus, kuid mille saagikus on kõige väiksem ehk 1,67 t KA ha^{-1}. Standardhälve 7,3 ja variatsioonikordaja 25 %.
Kokkuvõtteks võib väita, et uuritud puisniitude keskmine saagikus oli 1,9 t KA ha^{-1}. Mediaaniks on ka 1,9 t KA ha^{-1}, millest väiksemate ja suuremate väärtuste esinemise tõenäosus on 0,5. Suurim keskmine saak proovide põhjal on 3,7 t KA ha^{-1} ja minimaalne 0,8 t KA ha^{-1}. Saagikuse varieeruvuse karakteristikutest on standardhälve 0,7 ja dispersioon 1. Variatsioonikordaja on 39 %. **PKÜ pool-looduslike koosluste andmebaasi puisniidu proovialade pindalade põhjal saadi saagikuse kaalutud keskmiseks 1,8 t KA ha^{-1}.**

Lamminiidu proovialasid uuriti neljas maakonnas kümnel proovialal, pindalaga kokku 2760,9 ha (PRIA 2007 andmetel). Kõige väiksem prooviala pindala on 4,66 ha (Pedja jõe luht Kirna silla juures) ja suurim on 1195,31 ha (Rõude luht Rõude ja Kasari jõe ristumise kohas). See teeb prooviala keskmiseks pindalaks 306,8 ha.
Järgneval joonisel 3.17. on esitatud lamminiidu proovialade botaaniliste gruppide osakaalude keskmised värskes rohtses massis. Graminoidid on domineerivad üheksast proovialast viiel. Ühel proovialal on graminoidide osakaal 50 % ja rohundite osakaal 47 %. Rohundid domineerivad (>50%) üheksast proovialast kolmel. Üldiselt on seega ülekaalus graminoidid. Graminoidide suurim osakaal on 99 % värskest biomassist ja seda Raudna jõe proovialal. Vaid ühes Raudna prooviala proovis olid esindatud ka muud rohundid, kõigest 0,3 % värskest proovist. Üle 80 % üldmassist on graminoide Emajõe kahel proovialal. See näitab Emajõe lamminiidu ühtlast kooslust. Samas Emajõe I proovialal leiti liblikõielisi ainult ühest proovist (11 % proovist) ja Emajõe P proovialal kolmest proovist. Liblikõieliste osakaal on lamminiitudel küllaltki marginaalne võrreldes näiteks pärisaruniiduga, aga küllaltki tähelepanuväärne võrreldes puisniitudega. Eelnevalt mainiti, et Emajõe lamminiidu kooslus on küllaltki ühtlane. Seda aga ei saa märkida Pedja jõe lamminiidu kohta kahe prooviala põhjal. Need kaks prooviala näitavad, et Pedja jõe lamminiidul pole välja kujunenud ühtlast stabiilset kooslust.



Joonis 3.17. Lamminiidu proovialade botaaniliste gruppide keskmised osakaalud proovialade kaupa

Lamminiidu proovialade taimkatte aritmeetiliseks keskmiseks kõrguseks oli 1234 mm. Kõrguse mediaaniks on 1203 mm ja kõige tõenäolisem kõrgus ehk kõrguse mood on 1090 mm. Minimaalne kõrgus on 740 mm (Lemmjõe luht) ja maksimaalne 2115 mm (Halliste jõe luht). Lamminiidu biomassi kõrguse hajuvuse standardhälve on 280. Suhteline varieeruvus on 23 %. Lamminiidu proovialade kõrguse asümmeetriakordaja on 0,62 ja ekstsess on –0,01. Seega on lamminiidu biomassi kõrguse puhul tegemist paremale väljavenitatud jaotusega, millel ei ole rohkem üksikuid äärmuslikke väärtusi võrreldes normaaljaotusega.
Tabelis 3.10. on välja toodud lamminiidu taimkatte kõrguse arvkarakteristikud. Suurim aritmeetiline kõrgus on 1446,7 mm (Pedja 1) ja väikseim on 951,4 mm, saadud Kasari proovialalt. Kasari prooviala biomassi kõrguse hajuvus on aga kõige väiksem, standardhälve on 89,2 ja suhteline varieeruvus ehk variatsioonikordaja on 9 %.

Tabel 3.10. Lamminiidu proovialade rohtse biomassi kõrguse statistilised karakteristikud

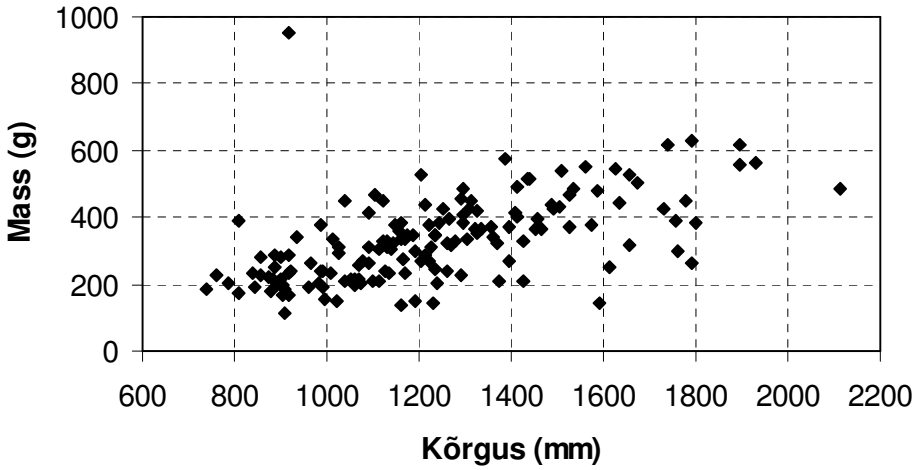
Prooviala	Min (mm)	Max (mm)	h kesk (mm)	Me (mm)	s	V (%)
Emajõe I	856,0	1675,0	1234,2	1203,0	210,1	17
Emajõe P	1135,0	1762,0	1354,6	1307,0	201,5	15
Halliste	855,0	2115,0	1377,2	1397,0	411,1	30
Kasari	785,0	1112,0	951,4	923,0	89,2	9
Lemmjõgi	740,0	1425,0	1029,7	1015,0	174,3	17
Pedja 1	1130,0	1895,0	1446,7	1415,0	189,7	13
Pedja 2	1135,0	1762,0	1354,6	1307,0	201,5	15
Raudna	1140,0	1800,0	1420,4	1370,0	211,2	15
Rõude	810,0	1280,0	1067,6	1105,0	151,3	14

Lamminiidu proovialade biomassi märgkaalu keskmine on 332,3 g, mediaan on 320,9 g ja mood e. kõige tõenäolisem mass on 452 g (table 3.11). Minimaalne ja maksimaalne mass on vastavalt 115,7 ja 951,7 g. Äärmuslike masside põhjal võib öelda, et hajuvus on suur. Proovialade masside standardhälve on 126. See on suurem kui puis- ja pärisaruniidul. Lamminiidu biomassi märgkaalu variatsioonikordaja on 38 %. Proovialade massi asümmeetriakordaja ja ekstsess on vastavalt 1,06 ja 2,72. Seega on jaotus paremale väljavenitatud ja võrreldes normaaljaotusega on biomassil üksikuid teistest tugevalt erinevaid väärtusi. On näha, et suurim keskmine mass on saadud Pedja 1 proovialalt, kus ka keskmine kõrgus oli suurim. Sama kehtib ka Kasari jõe prooviala kohta. Selle prooviala massi varieeruvus on kõige väiksem. Suurima biomassi hajuvusega on Rõude jõe prooviala. Joonisel 3.18 on esitatud lamminiidu biomassi kõrguse ja massi vahelise sõltuvuse hajuvusdiagramm. Uurides lammil biomassi (g) ja kõrguse (mm) vahelist seost, selgus, et nende kahe tunnuse vahel on nõrk lineaarne seos. Lineaarne korrelatsioonikordaja on 0,57 ja determinatsioonikordaja on 0,32. Determinatsioonikordaja (r^2=0,34) ei muutunud märkimisväärselt ka nende kahe tunnuse vahelise sõltuvuse lähendamisel logaritmfunktsiooniga. Samuti ei paranenud olukord, kui eemaldati kaks äärmuslikku massi väärtust. Seos muutus tugevamaks (r=0,66), aga regressioonvõrrandiga kirjeldati alla poole funktsioontunnuse varieeruvusest (r^2=0,44). Seega toodu põhjal ei saa öelda, et kõrgema taimkatte biomass on suurem ja ka seda, et väiksema kõrgusega biomass on üldiselt kergem. Biomassi võivad mõjutada selle niiskuse- ja kuivaine sisaldused.

Tabel 3.11. Lamminiidu värske biomassi kaalu statistilised karakteristikud proovialade kaupa

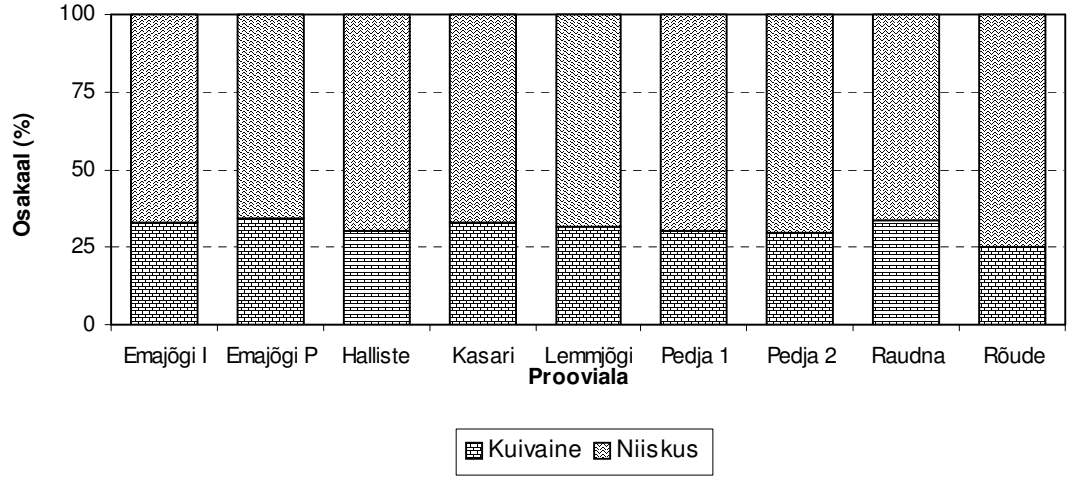
Prooviala	Min (g)	Max (g)	Mass kesk (g)	Me (g)	s	V (%)
Emajõe I	238,1	505,8	342,3	335,3	72,9	21
Emajõe P	149,2	559,7	300,4	254,7	116,0	39
Halliste	178,8	628,0	334,9	267,8	140,4	42
Kasari	165,5	295,5	214,6	212,1	33,0	15
Lemmjõgi	115,7	414,5	256,8	281,3	88,1	34
Pedja 1	244,4	617,0	432,3	433,0	96,1	22
Pedja 2	235,5	617,6	395,9	383,2	110,5	28
Raudna	143,0	536,3	355,0	377,1	105,1	30

Rõude	134,9	951,7	358,5	330,9	182,7	51



Joonis 3.18. Lamminiidu biomassi kõrguse ja massi vaheline hajuvusdiagramm.

Joonisel 3.19 esitatust järeldub, et lamminiidu taimses biomassis oli vett keskmiselt 69 %. Minimaalne ja maksimaalne kuivainesisaldus on vastavalt 20 % (Rõude) ja 37 % (Raudna).



Joonis 3.19. Lamminiidu proovialade niiskuse- ja kuivaine sisalduse keskmised

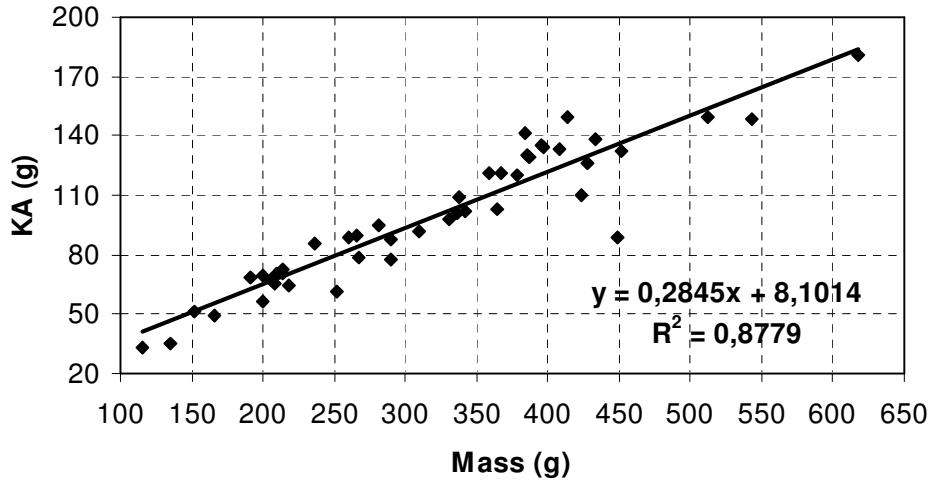
Lamminiidu proovialade kuivaine massi arvkarakteristikutest annab ülevaate tabel 3.12. Lamminiidu proovialade proovide kuivaine (KA) massi aritmeetiliseks keskmiseks kujunes 98,7 g. Mediaaniks on 95,3 g. Minimaalne KA mass on 33 g (Lemmjõgi) ja maksimaalne 180,4 g (Pedja 1) Lamminiidu kuivaine massi hajuvus e. standardhälve on 34,4 ja selle suhe KA aritmeetilisse keskmisse on 35 %. Suurim KA mass - 139,9 g, saadi Pedja 1 proovialalt. Üle saja grammi kuivainet saadi üheksast proovialast viiel. Nendest proovialadest on KA massi hajuvus kõige väiksem 21, Pedja 2 proovialal, ja suurim standardhälve on 37, Raudna proovialal. Variatsioonikordaja vastavalt 17 % ja 35 %.

Tabel 3.12. Lamminiidu proovialade biomassi proovide kuivaine massi statistilised karakteristikud

Prooviala	Min (g)	Max (g)	KA kesk (g)	Me (g)	s	V (%)
Emajõe I	88,5	135,5	116,9	133,7	24,3	21
Emajõe P	69,8	149,5	106,6	121,3	35,1	33

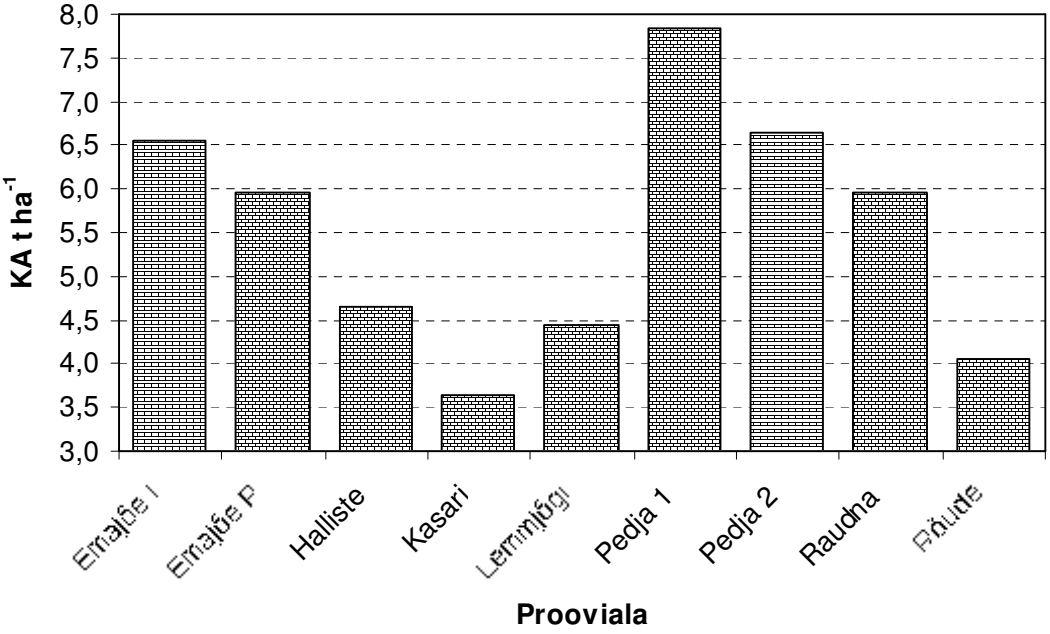
Halliste	56,7	126,1	83,2	78,3	27,1	33
Kasari	49,2	73,0	64,9	67,7	9,2	14
Lemmjõgi	33,0	109,4	79,2	87,7	29,4	37
Pedja 1	102,2	180,4	139,9	138,4	28,5	20
Pedja 2	100,9	149,0	118,7	110,0	20,5	17
Raudna	51,4	141,0	106,4	120,6	37,2	35
Rõude	35,4	98,2	72,3	77,9	24,8	34

Lamminiidu biomassi märgkaalu ja kuivaine massi vahelise lineaarse seose tugevuse korrelatsioonikordaja on 0,94 (joonis 3.20). Joonisel oleva lineaarse funktsiooniga on võimalik arvutada lamminiidu biomassi kuivaine massi. Selle regressioonivõrrandiga kirjeldatakse enamusest funktsioontunnuse varieeruvusest (r^2=0,87).



Joonis 3.20. Lamminiidu proovialade biomassi ja kuivaine vaheline lineaarne regressioon

Kokkuvõtteks on joonisel 3.21 esitatud lamminiidu kuivaine saagikus proovialade kaupa. Kõige suuremad saagid on võimalik saada Pedja 1 ja Pedja 2 proovialadelt, kus keskmine kuivaine saak on vastavalt 7,8 ja 6,6 t KA ha^{-1}, standardhälbega vastavalt 28,5 ja 20,5 ning variatsioonikordajaga 20 % ja 17 %. Pedja jõe lamminiidu saagikus on suurem kui Emajõe lamminiidul. Emajõe proovialad järgnevad oma saagikusega. Nende kahe prooviala saagikus on 6,5 (Emajõgi I) ja 6,0 (Emajõgi P) t KA ha^{-1}. Standardhälbed vastavalgt 24,3 ja 35,1 ning suhteline hajuvus 21% ja 33 %. Emajõe P prooviala vastavate näitudega on samaväärne Raudna prooviala, mille saagikus on 6,0 t KA ha^{-1}, standardhälve 37,2 ja variatsioonikordaja 35 %. Kõige väiksem saagikus saadi Kasari proovialal, kus vastav näitaja on 3,6 t KA ha^{-1}. Samas on sealt võimalik saada kõige ühtlasemat saaki, kuna standardhälve on kõige väiksem uuritavatest lamminiidu proovialadest. Standardhälve on 9,2 ja variatsioonikordaja 14 %.



Joonis 3.21. Lamminiidu kuivaine keskmine saagikus proovialade kaupa

Uuritud lamminiitude andmete põhjal võib väita, et lamminiidu keskmine saagikus on 5,5 t KA ha^{-1}, mediaaniks on 5,3 t KA ha^{-1}. Minimaalne saagikus on 1,8 t KA ha^{-1} (Lemmjõgi) ja maksimaalne on 10,1 t KA ha^{-1} (Pedja 1). Saagikuse standardhälve on 1,9 ja suhteline hajuvus on 35 %. **PRIA (2007) põllumassiivide veebikaardi lamminiidu proovialade pindalade põhjal saadi saagikuse kaalutud keskmiseks 4,1 t KA ha^{-1}.** Reaalne saak on kindlasti väiksem, kuna nendes arvutustes pole arvestatud sellega, et puisniit ei ole lage ala.

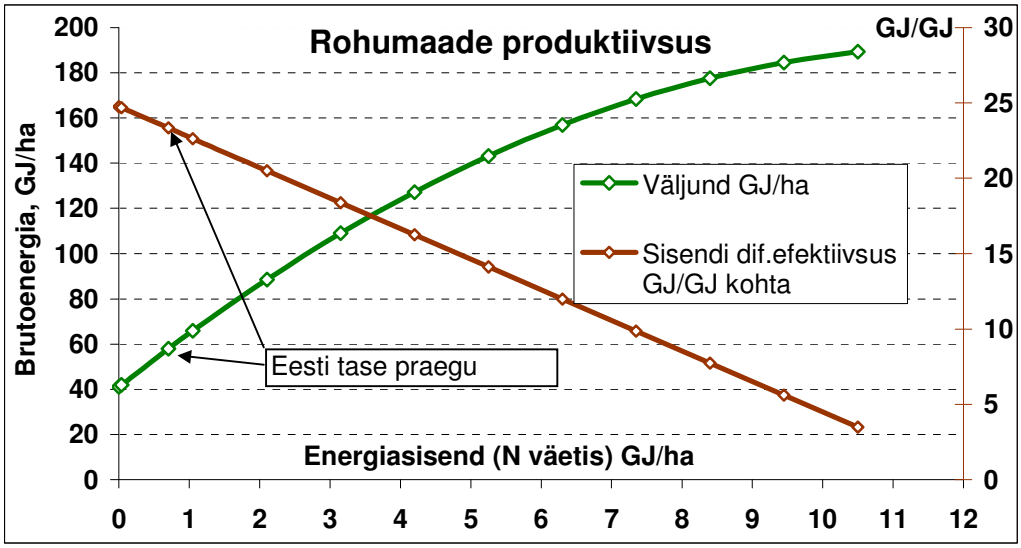
ESA andmetel oli looduslikke püsirohumaid 2004-2006.a. keskmisena põllumajanduslikus kasutuses 220290 ha, millede keskmine kuivaine saak oli 1,8 t kuivainet hektari kohta. See saagitase tundub olevat tõepärane, kui lähtuda sel aastal läbi viidud välitööde tulemustest ja ka varasematest uurimustest. Nii on EMÜ rohumaateadlaste pikaajalises (24 a.) kõrreliste taimikuga kultuurniidu katses väetisi kasutamata keskmine kuivainesaak suhteliselt viljakal automorfsel mullal (48 hp) mitmeniitelise kasutuse korral küündinud vaid 2,2 t/ha^{-1}, kuid olenevalt ilmastikust on see aastati varieerunud 0,5-5,0 t/ha^{-1} piires. Vihmutamise korral on analoogse rohukamara kuivaine keskmine saagitase olnud 3,0 t/ha^{-1}, kuid varieerumisega 1,1-6,5 t/ha^{-1}.
Kui lähtuda, et rohtse biomassi kuivaine küttevääртus on 16,8 MJ/kg, siis taoliste rohumaade kuivainesaagi küttevääртus on ainult 30 GJ/ha. Kogu kavupinna kohta teeb see 6,66PJ bioenergiat. Looduslikud püsirohumaad hõlmavad nii looduslikke rohumaid kui ka pikaajalisi üle 5 a vanuseid haritavale maale rajatud rohumaid. Looduslikke rohumaid on meil ESA andmetel põllumajanduslikus kasutuses 70527 ha, keskmise saagikusega 1,5 t/ha, mis biokütusena moodustaks vaid 24,4 GJ/ha. Üle 5 a vanuseid haritavale maale rajatud rohumaid oli meil 149763 ha, keskmine saagitase oli siin 2 t/ha, mis teeb selle küttevääртuseks 34 GJ/ha. Kuid ka lühiajaliste rohumaade saagitase on vaid 2 t kuivainet ha kohta, neid rohumaid on meil kolme aasta keskmisena kasutuses olnud 113681 ha ja sealt toodetav biokütuse kogus küündiks 3,86PJ. Kui arvestada, et meil vaid toetuste saamise eesmärgil niidetakse 50-75 tuhandel hektaril rohumaid, siis kogu selle biokütuse energeetiline väärtus oleks 1,5-2,3PJ.
Kui lähtuda, et meil on kasutamata maad 283,5 tuhat hektarit ja meie looduslike rohumaade produktsioonitase on 7,3 t/ha biomassi, siis moodustaks kasutamata maalt saadav biomassi kogus 2,07 miljonit tonni, millest oleks võimalik toota biogaasi (tabel 3.13). See on aga ligikaudne biomassi kogus, sest me ei tea, millistel muldadel paiknes kasutamata maa, millises

seisundis see hetkel on, kuivõrd on see võsastunud ja seetõttu ei tea me ka, millise bioproduktsiooniga taimekooslused neil maadel levivad. Täpsema ülevaate saame anda alles siis, kui on selgunud, millistel muldadel paikneb kasutusest välja langenud maa. Kuid seda saame teha vaid täielikult kasutusest välja langenud põllumassiivide osas, osalise kasutuse korral me ei tea, kus paikneb see kasutamata maa.

Tabel 3.13. Ligikaudne rohtse biomassi kogusaak kasutamata maal.

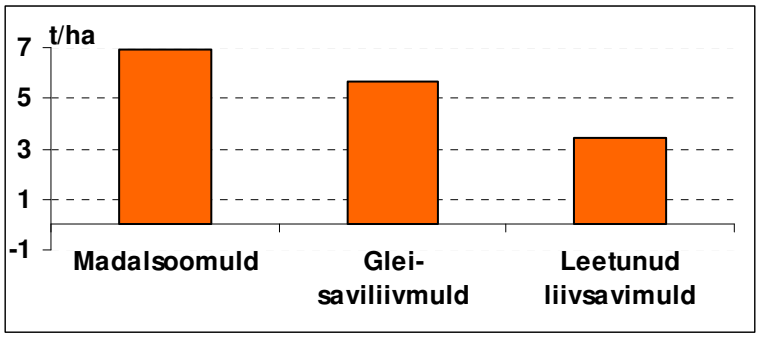
Maakond	Kasutamata maa, ha	Rohtne biomass, t
Harju	26336	192251
Hiiu	8335	60843
Ida-Viru	15862	115791
Jõgeva	20246	147794
Järva	13181	96218
Lääne	14634	106825
Lääne-Viru	27722	202372
Põlva	14362	104845
Pärnu	17384	126906
Rapla	17177	125391
Saare	24770	180820
Tartu	29917	218395
Valga	14136	103194
Viljandi	16956	123776
Võru	22469	164021
Kokku	**283485**	**2069441**

Meie rohumaade madal saagikus seondub eelkõige ebapiisavast väetiste kasutamisest, sest tegelik kõrreliste heintaimede saagipotentsiaal küündib meie mullastik-klimaatilistes tingimustes 180 GJ/ha kohta (joonis 3.22). Nagu selgub, on lämmastikväetise energeetiline kasutegur väga kõrge, praegu kasutame rohumaade saagipotentsiaalist ära vaid 30%.

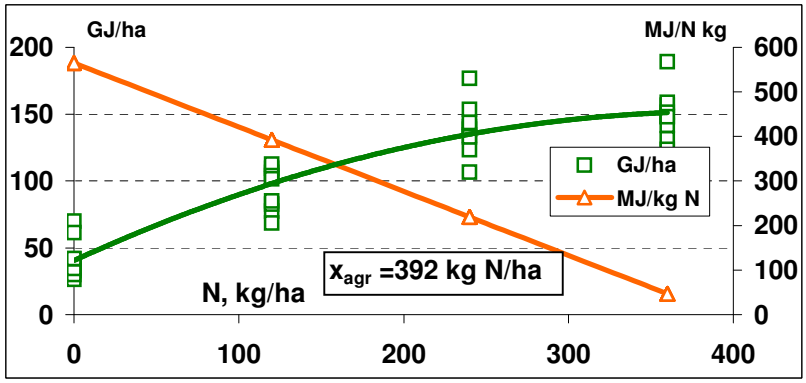


Joonis 3.22. Rohumaade brutoenergia saak sõltuvalt lämmastikväetise kasutamisest

Tuginedes meil korraldatud põldkatsete tulemustele on erinevate muldade efektiivne viljelusväärtus päideroo saagikusena glei- ja madalsoomuldadel 1,5-2 korda kõrgem kui parasniisketel kõrge boniteediga liivsavimuldadel (joonis 3.23). **Samas on intensiivse väetamisega võimalik saada ka leetunud liivsavimuldadel päideroogu kuni 10 tonni kuivainet hektarilt** (joonis 3.24). Järgmiseks kevadeks, millal on õige aeg seda saaki koristada, jääb alles maksimaalselt 60% esialgsest maapealsest biomassist. Seega vaid PK väetisi kasutades võime arvestada, et väga viljakal (68 hindepunkti) parasniiskel mullal jääb päideroo biokütuse kogus 20-25 GJ/ha kohta ja kõrge lämmastikväetisnormi korral võib see tõusta 90-100GJ/ha (joonis 3.25).

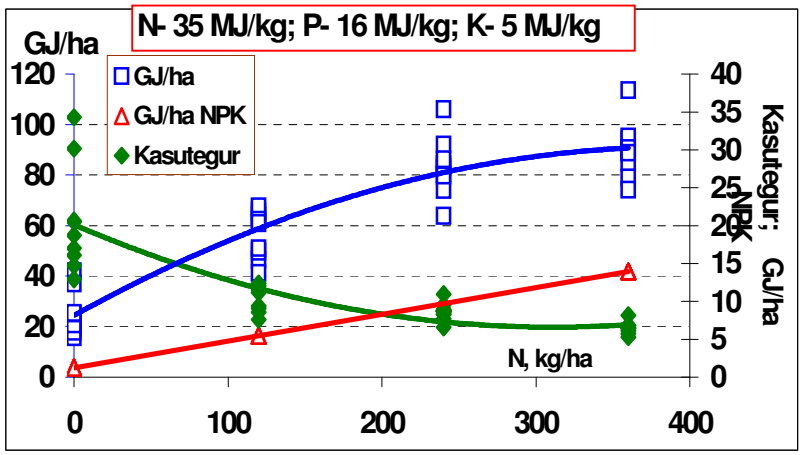


Joonis 3.23. Päideroo saagikus ilma väetisi kasutamata (H. Jürgen, H. Rand)



Joonis 24 Päideroo saak leetunud liivsavimullal olenevalt lämmastikväetisnormist $P_{35}K_{133}$ foonil (H. Rand)

Lämmastikväetise bioenergeetiline kasutegur on rohumaadel väikeste väetisnormide korral väga kõrge – 10-20 GJ biokütust väetise ühe GJ kohta. Agronoomiliselt efektiivse lämmastikväetisnormi juures, kui saadakse maksimaalne bioenergia saak, on väetamise bioenergeetiline kasutegur 7. Maksimaalne päideroo saak saadi antud mullal 392 kg lämmastikväetisnormi juures.



Joonis 3.25. Päideroo saagi küttevääртus ja väetamise bioenergeetiline kasutegur

Oluline on rohtse biomassi bioenergia tootmisel ja kasutamisel arvestada, et mida madalam on agrofoon, seda ebastabiilsemad on taolistes tingimustes ka saagid. Päideroo saak ilma lämmastikväetisi kasutamata varieerus aastate lõikes ligikaudu kolm korda enam kui kõrgete väetisnormide korral.

Roostikud

Roostikud levivad peamiselt Madal-Eesti rannikualadel, järvede ning jõgede kaldavööndis ning madalsoodes. Suurimad roostikud Eestis paiknevad Kasari jõe suudmealal, Haapsalu lahe idaosas, Sutlepa meres, Kasse- ja Heinlahes. (Elvisto, 1998). Suured roostikualad levivad veel Saaremaa lõuna- ja kagurannikul ning Saaremaa ja Muhumaa vahelistel rannikutel. (Laasimer, 1965). Võrtsjärv on kogu ulatuses piiratud roostikuga, laialdasem on see jõgede suudmealadel ja lääneranniku l. Väga ulatuslikud roostikualad paiknevad veel Peipsi ja Lämmijärve kaldavööndis ning Alam- Pedja looduskaitsealal (Haberman, 2003). Kogu roostike pindala Eestis on hinnanguliselt 20 000 ha, millest mageveelisi roostikke on umbes 8000 ha (Laasimer, 1965).
Lähtudes TTÜ soojustehnika instituudi teadlaste hinnangust bioenergeetilisel eesmärgil koristuseks sobivate roostike levikust ja arvestades kevadise koristuse korral kuivainesaagiks 4,5 t/ha ning kuivaine küttevääртuseks 4,93 MWh/t, võime arvestada, et sealt saadava biokütuse kogus küündib 250GWh, millest Lääne maakonna arvele jääks 42% (table 3.14).

Tabel 3.14. Roostikelt toodetava bioenergia kogused

Maakond	Pindala, ha	Saak, t	GWh
Lääne	4700	21150	104
Saare	2400	10800	53
Tartu	2100	9450	47
Pärnu	670	3015	15
Hiiu	300	1350	7
Viljandi	290	1305	6
Võru	250	1125	6
Valga	245	1103	5
Lääne-Viru	190	855	4
Harju	130	585	3
Kokku	**11275**	**50738**	**250**

Poollooduslikel ja tehismärgaladel tehtud uuringutele tuginevalt võime arvestada ka hundinuia kõrge bioproduktsiooniga, maapealse biomassi kuivainekogus on küündinud 12-17 t/ha kohta (Maddison, 2004). Suur osa sellest talveks variseb, kuid biokütust võiksime ka siin toota 60-80(100) GJ/ha.

3.4. Arutelu ja järeldused

Alates Euroopa Liiduga liitumisest on Eestil olnud võimalus osaleda ning kasu saada liidu ühise põllumajanduspoliitika rakendamisest. Liitumisel pidime arvestama, et uutes liikmesriikides makstakse ühtset pindalatoetust kuni kehtestatud tasemeni, mis moodustas liitumise ajal vaid 25% ühenduses samal ajal kohaldatud toetuste tasemest ja alles 2013. aastal toetused vanades ja uutes liikmesriikides võrdsustuvad. 2004-2006 aastatel on kokku Eesti põllumeestele makstud pindalapõhiseid toetusi 3,3 miljardit krooni, millest ühtne pindalatoetus moodustab 1,3 miljardit

krooni (Kukk, Tuulberg, 2007). Kuna EL põllumajanduspoliitika reformi tulemusena on toetuste maksmine pindalapõhine ja ei ole tootmiskohustusega seotud, siis tähendab see seda, et maakasutus on muutunud meil ekstensiivsemaks. Kokku on PRIA kolme aasta jooksul maksnud toetusi põllumajandustootmisega mitte seotud tegevusteks ligikaudu 93 miljonit krooni, kusjuures need taotlejad moodustavad taotlejate koguarvust 20%. Seetõttu on meil praegu ligikaudu pool toetusalusest pinnast rohumaade all, kus väga suurel pinnal tegelikult põllumajandussaaduste tootmist ei toimu, leiab aset vaid põllumajandusmaa hooldamise raames rohumaade niitmine. Praegu moodustab põllukultuuride kasvupind 2004-2006 aastate keskmisena ESA andmetel 527,6 tuhat hektarit, millest teravilja kasvatati 274,5 tuhandel hektaril, kaunvilja 4,47 tuhandel hektaril, rapsi ja rüpsi 53,2 tuhandel hektaril ning kartuli kasvupind oli 10,9 tuhat hektarit. Teravilja ja rapsi toodeti 2004-2006. aastate keskmisena vastavalt 662, 2 tuhat tonni ja 78,8 tuhat tonni. Kuna tööstuslik teravilja tarbimine on varieerunud vaid 25-45 tuhande tonni piires (5%), siis on ilmne, et teravilja kasutamine bioenergeetika eesmärgil on praegu ressursi piiratusest tingituna limiteeritud. Edaspidi võime aga arvestada, et teravilja kasvatuseks hästi sobivat maad on meil ligikaudu 1,5-2 korda rohkem kui seda on senine teravilja kasvupind.

Kokku toodeti 2004-2006 aastate keskmisena ligikaudu 674 tuhat tonni põhku, mis energeetilises väärtuses moodustab 3201 GWh bioenergiat. Biokütusena põhk ilmselt lähiaastatel siiski arvesse ei tule, sest see on üheks olulisemaks mulda tagastatavaks orgaanilise aine allikaks huumuse taastootmisel. Eriti oluline on seda arvestada Lõuna-Eesti vähehuumuslikel muldadel. Teraviljapõllul mineraliseerub mulla huumusevarust 1-1,5 t/ha kohta aastas. Kui tahame, et huumuse bilanss jääks tasakaalu peaksime värsket orgaanilist ainet mulda viima vähemalt 5-6 t/ha, sest selle humifikatsiooni koefitsient on 0,2-0,3. Juurte ja tüü absoluutkuiv biomass tavaliselt on 1,5-2 t/ha ning sellest moodustuks huumust väga piiratud kogustes. Ka on meie sõnnikukogused 3-4 korda vähenenud võrreldes varasema perioodiga. 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. Teraviljakasvatuses intensiivtehnoloogiat rakendades võib aga toota arvestatavas koguses bioenergiat. Kuigi väetiste energeetiline ekvivalent on suur, näitavad arvutused, et nende kasutamisel nisu väetisena on bioenergeetiline kasutegur väga kõrge.

Loomade arvukus on meil suurtootmise ajaga võrreldes vähenenud ligikaudu 3 korda. Seetõttu on kahanenud ka sõnnikukogused. Praegu toodetakse laudaperioodil ligikaudu 2,1 miljonit tonni sõnnikut, kusjuures veisesõnniku kogused on ligikaudu kaks korda suuremad kui seasõnniku kogused. Põllukultuuride kasvupinna kohta kasutatakse sõnnikut keskmiselt 3,9 t/ha, mis on oluliselt vähem optimaalsest normist. Sõnnikust on võimalik biogaasi toota suurfarmides, mujal on see ikkagi orgaaniliseks väetiseks.

Looduslike rohumaade, sh poollooduslike koosluste leviku ja saagikuse uuringuid on tehtud eelmise sajandi neljandal veerandil ja põhiliselt põllumajanduse vajaduste rahuldamiseks. Tänapäevaks on looduslike rohumaade kasutamine vähenenud, kuna põllumajanduse tootmismahud on vähenenud ja põllumajandusettevõtted on keskendunud kultuurrohumaadele. Samas pööratakse poollooduslikele kooslustele aina rohkem tähelepanu bioloogilise ja maastikulise mitmekesisuse kaitse ning säästva majandamise seisukohalt, et säiliksid niitudele iseloomulikud taimekooslused, liigirikkus ja elupaigad. Vajadus Eestis poollooduslike koosluste biomassi kasutamise vastu on ilmselge, kuna kohustus hooldada on seaduse järgi olemas, aga kasutus põllumajandustootmises loomasöödana enamasti puudub. Seega on see kasutamata ressurss ja alternatiiv oleks selle kasutamine taastuvenergiaallikana. See oleks hea võimalus leevendamaks energiavajadusi, sealjuures säilitades ja suurendades bioloogilist mitmekesisust.

Eesti looduslike rohumaade saagikus varieerub väga suurtes piirides, kus kõige madalam on saagikus luitelise ja muu päritoluga toitainevaestel muldadel (Aug, Kokk, 1983), samas üksikutel väiksematel lammialadel võib saak ulatuda kuni 7 t ha^{-1} (Krall *et al.,* 1980). Suuremaid saake on võimalik saada roostikest, keskmiselt 6,3 t KA ha^{-1} (Kask *et al.,* 2006).

Antud uurimistöö raames saadi 2007. aastal looduslike rohumaade keskmiseks saagiks 3,9 t KA ha^{-1} ja mediaaniks 3,64 t KA ha^{-1}. Kõige tõenäolisemalt oli hektarilt võimalik saada biomassi 2,9 t KA ha^{-1}. Suurim on looduslike rohumaade bioproduktsioon Pärnumaal. Sellele järgnevad võrdväärsete potentsiaalidega Viljandi- ja Harjumaa. Kõige väiksema potentsiaaliga on Hiiumaa ja Ida-Virumaa, kus on suured metsamassiivid. Poollooduslike koosluste biomassi potentsiaal on erinev regionaalsel tasemel, sõltudes koosluse saagikusest, poollooduslike koosluste levikust, piirkonnas olevate poollooduslike rohumaade pindalast jne. Suurima poollooduslike koosluste biomassi potentsiaaliga maakonnad peaksid olema ka sobilikud selle ressursi kasutamiseks energiatootmiseks. Kasutades poollooduslike koosluste biomassi energiaallikana, tuleb tähelepanu pöörata tekkivate jäätmete kasutamisvõimalustele, kuna ei tuhka ega anaeroobsel käärimisel tekkivat jääki ei tohi toitainetena tagastada poollooduslikele rohumaadele, kuna see hakkab mõjutama liigilist koosseisu. Samuti tuleb arvestada, et looduslikel rohumaadel esineb suuremaid ja väiksemaid kive, ebatasasusi jms, mis takistavad ülepinnalist ühtlast niitmist, ning ükski traktorniiduk ei niida väga maapinna lähedalt. Augi ja Kokka (1983) järgi on kõigist looduslikest rohumaadest kasutamiskõlblikke rohumaid 165 tuhat hektarit.

Biomassi kogust mõjutavad looduslikel rohumaadel eelkõige muld, taimkatte liigiline koosseis ja ilmastik. Muld ja taimkate on väga varieeruvad, seetõttu on ka saagikus ebaühtlane. Hooldamata lammi- ja rannaniitudel hakkab domineerima pilliroog ja biomassitoodang on oluliselt suurem, kui järjepideval hooldamisel. Liigniisketel looduslikel rohumaadel võib vihmane aasta mõjutada niitudele pääsemist. Näiteks lamminiitude niiskematel osadel võib pinnas olla liiga pehme, et kanda suuri niidukeid. Ühtlasemat saaki aastate lõikes peaks andma puisniidud, mis on stabiilsema mikrokliimaga, tänu puudele ja põõsastele. Puisniitude ja ka teiste niitude probleemiks on neil kasvavad puud ja põõsad, kivid, ebatasane reljeef jms. See tingib rohkema käsitöö või väiksemate masinate kasutamise, kuna näiteks puisniitudel ei saa suurte niidukitega manööverdada. See teeb töö ebaefektiivsemaks, tööjõudlus võrreldes suurte niidukitega on madal ja töö teostamiseks kulub rohkem aega. Suuremate avatud alade puhul on eeliseks suurema jõudlusega masinate kasutamisvõimalus, mis peaks tagama efektiivse töö ja madala omahinna. Madalam omahind võimaldab teha lisakulutusi ja kasutada biomassi sileerimist, mis on sobilikum substraat biogaasi tootmiseks kui kuiv hein. Niitudel kuivanud ja/või heinaküünides hoitud biomass sobib rohkem põletamiseks. Põletamise efektiivsust saab suurendada, kui biomass teha pelletiteks. Lisakulusid võivad tekitada logistilised probleemid, kuna niidud paiknevad hajali. Kokkuvedamine tõstab transpordikulutuste osakaalu. Samas on võimalik taotleda loodushoiutoetusi, mis osaliselt võivad kompenseerida väljaminekud.

Praegu on poollooduslike koosluste biomass meil kasutamata ressurss. Võttes kasutusele poollooduslikke koosluste biomassi taastuvenergiaressursina saavutame jäätmete koguse vähenemise, loodusvarade säästvama kasutamise, globaalsete kliimaprobleemide leevendamise, sõltuvuse vähenemise imporditavast mittetaastuvast energiast, elektri-ja soojusenergia koostootmise ümberorienteerumise taastuvatele energiaallikatele ja elektritootmise hajutamise, regionaalse tööhõive suurenemise ning mis kõige tähtsam – suureneb bioloogiliselt ja maastikuliselt mitmekesise poollooduslike alade pindala. Sealjuures tuleb järgida keskkonnasõbralikke, säästvaid põhimõtteid.

Looduslikke püsirohumaid oli ESA andmetel 2004-2006.a. keskmisena põllumajanduslikus kasutuses 220 tuhat hektarit, millede keskmine kuivaine saak oli 1,8 t kuivainet hektari kohta. Kui lähtuda, et kuivaine kütteväärtus on 16,8 MJ/kg, siis taoliste rohumaade kuivainesaagi kütteväärtus on ainult 30 GJ/ha. Kogu kavupinna kohta teeb see 6,66 PJ bioenergiat. Looduslikud püsirohumaad hõlmavad nii looduslikke rohumaid kui ka pikaajalisi üle 5 a vanuseid haritavale maale rajatud rohumaid. Looduslikke rohumaid on meil kasutuses 71 tuhat hektarit, keskmine saagikusega 1,5 t/ha, mis biokütusena moodustaks vaid 24,4 GJ/ha. Üle 5 a vanuseid haritavale maale rajatud rohumaid oli meil 150 tuhat hektarit, keskmine saagitase oli siin 2 t/ha, mis teeb selle kütteväärtuseks 34 GJ/ha. Kuid ka lühiajaliste rohumaade saagitase on vaid 2 t kuivainet ha kohta, neid rohumaid on meil kolme aasta keskmisena kasutuses olnud 114 tuhat hektarit ja sealt toodetav biokütuse kogus küündiks 3,86 PJ. Kui arvestada, et meil vaid toetuste saamise eesmärgil

niidetakse 50-75 tuhandel hektaril rohumaid, siis kogu selle biokütuse energeetiline väärtus oleks 1,5-2,3 PJ.
Kui lähtuda, et meil on kasutamata maad 283,5 tuhat hektarit ja meie looduslike rohumaade produktsioonitase on 7,3 t/ha biomassi, siis moodustaks kasutamata maalt saadav biomassi kogus 2,07 miljonit tonni, millest oleks võimalik toota biogaasi. See on aga ligikaudne biomassi kogus, sest me ei tea, millistel muldadel paiknes kasutamata maa, millises seisundis see hetkel on, kuivõrd on see võsastunud ja seetõttu ei tea me ka, millise bioproduktsiooniga taimekooslused neil maadel levivad. Täpsema ülevaate saame anda alles siis, kui on selgunud, millistel muldadel paikneb kasutusest välja langenud maa. Kuid seda saame teha vaid täielikult kasutusest välja langenud põllumassiivide osas, osalise kasutuse korral me ei tea, kus paikneb see kasutamata maa.
Meie rohumaade madal saagikus seondub eelkõige ebapiisavast väetiste kasutamisest, sest tegelik kõrreliste heintaimede saagipotentsiaal küündib meie mullastik-klimaatilistes tingimustes 180 GJ/ha kohta. Nagu selgub, on lämmastikväetise energeetiline kasutegur väga kõrge, praegu kasutame rohumaade saagipotentsiaalist ära vaid 30%.
Tuginedes Eestis korraldatud põldkatsete tulemustele on erinevate muldade efektiivne viljelusväärtus päideroo saagikusena glei- ja madalsoomuldadel 1,5-2 korda kõrgem kui parasniisketel kõrge boniteediga liivsavimuldadel. Samas on intensiivse väetamisega võimalik saada ka leetunud liivsavimuldadel päideroogu kuni 10 tonni kuivainet hektarilt. Järgmiseks kevadeks, millal on õige aeg seda saaki koristada, jääb alles maksimaalselt 60% esialgsest maapealsest biomassist. Seega vaid PK väetisi kasutades võime arvestada, et väga viljakal (68 hindepunkti) parasniiskel mullal jääb päideroo biokütuse kogus 20-25 GJ/ha kohta ja kõrge lämmastikväetisnormi korral võib see tõusta 90-100GJ/ha.
Lämmastikväetise bioenergeetiline kasutegur on rohumaadel väikeste väetisnormide korral väga kõrge – 10-20 GJ biokütust väetise ühe GJ kohta. Agronoomiliselt efektiivse lämmastikväetisnormi juures, kui saadakse maksimaalne bioenergia saak, on väetamise bioenergeetiline kasutegur 7. Maksimaalne päideroo saak saadi antud mullal 392 kg lämmastikväetisnormi juures.Oluline on rohtse biomassi bioenergia tootmisel ja kasutamisel arvestada, et mida madalam on agrofoon, seda ebastabiilsemad on taolistes tingimustes ka saagid. Päideroo saak ilma lämmastikväetisi kasutamata varieerus aastate lõikes ligikaudu kolm korda enam kui kõrgete väetisnormide korral.
Roostikud levivad peamiselt Madal-Eesti rannikualadel, järvede ning jõgede kaldavööndis ning madalsoodes. Suurimad roostikud Eestis paiknevad Kasari jõe suudmealal, Haapsalu lahe idaosas, Sutlepa meres, Kasse- ja Heinlahes. (Elvisto, 1998). Suured roostikualad levivad veel Saaremaa lõuna- ja kagurannikul ning Saaremaa ja Muhumaa vahelistel rannikutel. (Laasimer, 1965). Võrtsjärv on kogu ulatuses piiratud roostikuga, laialdasem on see jõgede suudmealadel ja lääneranniku l. Väga ulatuslikud roostikualad paiknevad veel Peipsi ja Lämmijärve kaldavööndis ning Alam- Pedja looduskaitsealal (Haberman, 2003). Kogu roostike pindala Eestis on hinnanguliselt 20 000 ha, millest mageveelisi roostikke on umbes 8000 ha (Laasimer, 1965). Lähtudes TTÜ soojustehnika instituudi teadlaste hinnangust bioenergeetilisel eesmärgil koristuseks sobivate roostike levikust ja arvestades kevadise koristuse korral kuivainesaagiks 4,5 t/ha ning kuivaine küttevääruseks 4,93 MWh/t, võime arvestada, et sealt saadava biokütuse kogus küündib 250GWh, millest Lääne maakonna arvele jääks 42%.
Poollooduslikel ja tehismärgaladel tehtud uuringutele tuginevalt võime arvestada ka hundinuia kõrge bioproduktsiooniga, maapealse biomassi kuivainekogus on küündinud 12-17 t/ha kohta (Maddison, 2004). Suur osa sellest talveks variseb, kuid biokütust võiksime ka siin toota 60-80(100) GJ/ha.
Kokkuvõtteks tuleb märkida, et põllumajanduse pindalapõhine toetuste jagamine ilma tootmiskohustuseta vaevalt stimuleerib lähiaastatel bioenergiakultuuride viljelemist, seda eriti senisest kasutusest välja langenud maal, sest praegu ei tohi ÜPT pind ületada 800 tuhandet hektarit, vastasel juhul vähendatakse pinnaühiku kohta makstavat toetuse summat. Ka praegu kehtestatud bioenergiakultuuride viljelemiseks ettenähtud pindalapõhine toetus ei põhine ühe või teise bioenergiakultuuri ja regiooni iseärasusi arvestavale agromajanduslikule analüüsile ja ei

võimalda vahendite piiratusest luua täiendavaid tootmisüksusi selle valdkonna edendamiseks. Seega vajaks põhjalikku analüüsi kogu meie senine põllumajandustoetuste maksmise kord, seda eriti selles osas, mis puudutab põllumajandustootmisega mitteseotud tegevusi, kus sageli toetused toimivad vaid sotsiaalabina. Kindlasti peaks PRIA mitte ainult maksma toetusi vaid siin tuleks pidada arvestust ka toodangu osas, sest praegu rohtse biomassi kohta ja sõnniku käitlemise osas usaldusväärsed andmebaasid puuduvad.

2008. aastal jätkatakse uuringuid järgmistes järgmistes küsimustes:

- ülevaate põllumajandusest pärineva biomassi energeetilise ja muu-otstarbelise kasutamise mikro- ja makroökonoomikast;
- esitab ettepanekud ametliku korralduse (õigusaktid, fiskaalinstrumendid jms) muutmiseks biomassi otstarbekama kasutamise saavutamiseks;
- esitatakse energiamajanduse praktilise planeerimise tarbeks vajaminevad andmed.

Kasutatud kirjandus

Abiks Põllumehele, 1996. Jäneda Õppe- ja Nõuandekeskus, 161 lk.

Aug, H., Kokk, R. 1983. Eesti NSV looduslike rohumaade levik ja saagikus. Tallinn: Eesti NSV Agrotööstuskoondise Informatsiooni ja Juurutamise valitsus, 1983, 100 lk.

EELIS. 2007. Eesti looduse infosüsteem. [http://eelis.ic.envir.ee] 25.11.2007

Elvisto, T. 1998.Läänemaa Loodus. Lääne Maavalitsus, Tallinna Raamatutrükikoda.

Haberman, J. Pihu, E. Raukas, A. 2003. Võrtsjärv. Eesti Entsüklopeediakirjastus, Tallinna Raamatutrükikoda.

Jürgen, H., 1973. Ammooniumnitraadi mõju kõrreliste heintaimede saagile ja selle keemilisele koostisele turvasmullal. Sümpoosiumi "Lämmastiku kasutamine taimekasvatuses"materjale, Saku, lk. 21-24.

Kask, Ü., Kask, L., Aavik, T. 2006. Energeetilise pilliroo saagikus. – Eesti põlevloodusvarad ja –jäätmed 1-2. Tallinn: Eesti Biokütuste Ühing ja Turbateabe OÜ, 2006, lk 11-14.

Kask,Ü., Paist, A., Nuutre, M., Kask, L., Triin Aavik, T., Pilliroo kui kütuse põlemistehnilistest näitajatest.

Kiviste, A. 1999. Matemaatiline statistika MS Exceli keskkonnas. Tallinn: GT Tarkvara OÜ, 1999, 86 lk, ill.

Krall, H., Pork, K., Aug, H., Püss, O., Rooma, I., Teras, T. 1980. Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamad taimekooslused. Tallinn: Eesti NSV Agrotööstuskoondise Informatsiooni ja Juurutamise valitsus, 1980, 88 lk.

Kruus, R. 2006. Roostike elustik ja roostike laienemise põhjused. Türi Kolleži lõputöö.

Köster, T. 1999. Looduslike rohumaade produktiivsus ja säästev majandamine. - Agronoomia 203. Teadustööde Kogumik. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastuse trükikoda, 1999, lk 69-73.

Kukk, T., Kull, K. 1997. Puisniidud. - Estonia Maritima 2. 1999, lk 1-249.

Kukk, T. (koostaja ja toimetaja), Erlich, Ü., Hiiemäe, M., Ingerpuu, N., Jürgens, K., Kalamees, K., Kriiska, A., Kuresoo, A., Lilleleht, V., Lotman, A., Pärtel, M., Randlane, T., Roosaluste, E., Sammul, M., Talvi, T., Troska, G. 2004. Pärandkooslused. Õpik-käsiraamat. Tartu: Pärandkoosluste Kaitse Ühing, 2004, 256 lk.

Kukk, T., Sammul, M. 2003. Viidatud Kukk, T. (koostaja ja toimetaja), Erlich, Ü., Hiiemäe, M., Ingerpuu, N., Jürgens, K., Kalamees, K., Kriiska, A., Kuresoo, A., Lilleleht, V., Lotman, A.,

Kukk, T., Tuulberg, T., 2007. Suurim abi – pindalatoetused. Maamajandus, 9, lk. 38-40.

Pärtel, M., Randlane, T., Roosaluste, E., Sammul, M., Talvi, T., Troska, G. 2004. Pärandkooslused. Õpik-käsiraamat. Tartu: Pärandkoosluste Kaitse Ühing, 2004, lk 218-219 vahendusel.

Laasimer, L. 1965. Eest NSV taimkate. Kirjastus "Valgus" Tallinn

Loodushoiutoetuse taotlemise, taotluse läbivaatamise ja toetuse maksmise kord, nõuded toetuse maksmiseks ja toetuse määrad. Vastu võetud keskkonnaministri 1. juuni 2004. a määrusega nr 62 - RTL 2004, 75, 1228

Looduskaitseseadus. Vastu võetud 21.04.2004. a seadusega – RT I 2004, 38, 258
Maa-amet. 2001. Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri. Tallinn: Maa-amet, 2001, 46 lk.
Maa-amet. 2007. Maa-ameti maainfoga tutvumise teenuse kaardirakendus. [http://www.maaamet.ee] 25.11.2007
Maddison, M. 2004. Heitveepuhastusmärgalade hundinuiakoosluste biomassi ja toitainete sisalduse varieeruvus. TÜ magistritöö.
Mäetaguse maastikukaitseala kaitse-eeskiri. Vastu võetud Vabariigi Valitsuse poolt 11. mai 2006. a määrus nr 109 - RT I 2006, 24, 173.
Paist, A. 2005. Pilliroo põletamiseks sobivaima soojuse ja elektri koostootmise tehnoloogia uuringu läbiviimine ning tehnoloogia tarnijate pakkumiskonkursi dokumentatsiooni ettevalmistamine. I etapi I osa vahearuanne. TTÜ Soojustehnika Instituut. Tallinn- Lihula.
PKÜ. 2007. Pärandkoosluste Kaitse Ühingu pool-looduslike koosluste andmebaas
PRIA. 2007. Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti põllumassiivide veebikaart. [http://www.pria.ee] 25.11.2007
Rand, H., Krall, H., 1978. Üheliigiliste heintaimekülvide saagi- ja konkurentsivõime kestus mineraalmuldadel. EMMTUI teadustööde kogumik XLII, lk. 138-154.
Statistikaamet. 2007. Statistika andmebaas [http//:www.stat.ee] 25.11.2007
Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat, 1996. Koostaja H. Kärblane. 285 lk.
Vare, V., Kask, Ü., Muiste, P., Pihu, T., Soosaar, S., 2005. Biokütuse kasutaja käsiraamat. 172 lk.

Summary

Estimation of the biomass resources of Estonia

Compiled by A. Padari, P, Muiste, M. Kriipsalu, H. Roostalu,
A. Astover, *R. Mitt, L. Pärn, I. Melts*

Estimation of the resources of woody biomass

For estimation of the potential resources of forest biomass 4 map layers were used:

- Estonian Base Map;
- Estonian Digital Soil Map;
- The digital forest maps from the State Registry of Forest Data;
- Area maps of rural municipalities.

Addition to that for analysis the forest inventory data from the State Registry of Forest Data and data about soil quality were used. At first the map layers were joined together and then split by borders into pieces for analysis. Based on that data, models for forest calculations were created. Then the analysed areas were subtracted from the layers of Base Map and the remained areas were integrated with map layers of Base Map, soil map and area maps of rural municipalities. After calculation of the natural areas of Base Map with the above mentioned models the areas and characteristics of forests not covered by the forest inventory data were found. These areas were also subtracted from the layers of Base Map and as a result the areas of Base Map not covered by the polygons of soil map were determined. 509 km^2 of Estonian area were not analysed due to absence of Base Map data. Subsequently the long-term yield of forest lands was calculated. According to the calculations the total annual yield of Estonian forests is 8 406 thousand m^3 and the share of traditional fuelwood is 963 thousand m^3. As a rule the traditional fuelwood is harvested and used. However, the unused resource is harvesting residues, mainly tops and branches. The theoretically the amount that is available is 1 503 thousand m^3. In addition to that the potential of stumps has not been used up to now. For the calculation, only the resource of stumps from the final felling was taken into account as the collection of stumps after thinning will cause damages to the remaining trees. The results of the calculation indicate that the total volume of stumps from final felling is 778 thousand m^3. Based on the experience of Finland it can be said that only harvesting of stumps of coniferous trees is feasible. The total amount of stumps of coniferous trees is 480 thousand m^3 but due to the environmental restrictions the volumes that are available in reality are smaller.

In order to estimate the total energy potential of wood fuels, the woody biomass from the non-forest areas (traces of power lines, drainage traces, roads etc., parks, orchards etc.) should also be taken into account in addition to the resources from forests. In the present report the data about traces of power lines is presented. Majority of these nature lands produce herbaceous biomass and the amount of woody biomass that is available is modest. The total length of power lines in Estonia is 57 thousand km. The area of traces of power lines passing through forests is 38.5 thousand ha and the potential yield of woody biomass is 42 thousand tons (the calorific value is 521 TJ).

The total volume of wood processing residues from Estonian sawmills can be estimated to be 600 thousand m^3 of sawdust (the calorific value 3 180 TJ) and 500 thousand m^3 of bark (the calorific value 2 650 TJ). Additional quantities of wood processing residues come from furniture, plywood, boards, glued-laminated timber and other industries. As the sawdust is used as a raw material for production of pellets and all big sawmills consume the bark as a main fuel for production of technological heat, limited amounts are left for other consumers of woody biomass.

Biomass from waste

In Estonia, about 20 million tons of waste was generated in 2006. The main sources of waste (around 95% of total) in Estonia are oil shale mining, oil shale chemistry and power production. Municipal waste accounts for 3,5% of total waste produced, which is approximately 500 000 t, or 400 kg per capita. Waste generation will increase by 5% annually until 2013, reaching up to 700 000 tonnes annually. Combustible fraction is estimated to take 80% by weight, biowaste 65%, and packages 25–30 %.

Solid waste management is well regulated in Estonia. The National targets are well defined. The EU legal acts are largely reflected in the Estonian legal acts. The National Waste Management Plan is a general strategic document, providing a basis for systematic waste management. The Waste management is based on internationally recognised principles, where the preference list is as follows.

- prevention of waste generation,
- reduction of the quantities and hazardousness of waste,
- recovery of waste in direct reuse or material recycling,
- biological processes (aerobic composting and anaerobic gasification),
- energy recovery (incineration of waste with energy production),
- disposal of waste to environmentally safe landfills.

Landfilling remains the main method for disposal of municipal waste. There are five modern landfills in Estonia: Jõelähtme, Väätsa, Uikala, Torma and Paikuse. Remarkable successes have been achieved in closing of old dump sites. The last of old landfills will be closed by July 16, 2009. After this, no landfilling capacity remains in South-East Estonia and Saaremaa (Estonian islands). As the hauling distance increases, it contributes to implementation of alternative treatment methods.

Reduction of biodegradable waste in landfills is one of the most serious environmental targets in Estonia. As targeted, the landfilled municipal waste may contain biodegradable fraction not more than 45% by weight by 2010; not more than 30% by 2013; and not more than 20% by 2020. This can be achieved by large scale material recovery, biotreatment, or incineration. Most likely, a combination of methods will be used; e.g Mechanicel-Biologicel Treatment (MBT), where recyclables are separated by mechanical sorting, waste fuel is separated by air-classification, and the remaining will be composted prior to landfilling.

The use of municipal waste for energy production is an alternative for replacing non-renewable sources of energy, especially in the development of combined heat and power plants. Wood waste is already in use as a source of energy. In addition, paper, cardboard and certain types of plastic and also municipal waste can be used for energy recovery. Implementation of large-scale incineration would fulfil two major requirements for waste disposal: a) reducing the organic content of waste to be landfilled, and b) meeting the goal where untreated waste should not be disposed of. Currently, no national targets in incineration of wastes have been established.
Incineration for energy generation in feasible in large cities, where sufficient amount of wastes is available, and the consumer for energy exists. Waste incineration for energy generation has a priority over disposal of wastes; however, material recycling is preferred to energy recovery. Incineration of waste (incl. co-incineration with other fuels) is a subject to the requirements of the EC Directive 200/76/EC.
Currently, there are no waste incinerators in Estonia, but four incinerator projects are under development. The total capacity will be up to 480-660 000 t/y, which exceeds the available amount of municipal waste. Other waste than municipal waste could be used, e.g. waste wood as well as timber from construction and demolition waste. Waste wood is considered as biomass, and can be

burned also in conventional boiler houses, presuming that wood contains no hazardous substances. This requires large-scale sorting.

Promotion of re-use and recovery of packaging waste is among the main targets in relation to municipal waste. Implementation of source separation of municipal waste receives more attention in Estonian. About 60% of package waste must be source separated, from which substantial amount should be used as raw material. Packages, therefore, can not be seen as a major source for energy.

Waste collection, sorting, transport and recovery have been largely the responsibility of private companies. In recent years, the "polluter pays" and "producer responsibility" principle has become effective, especially in handling of package waste and waste electronic appliances. Municipalities have become responsible for organising the collection of municipal waste. This simplifies the targeted collection and delivery of combustibles to incineration plants, if necessary.

Among other sources of waste energy, biogas from wastes (sewage sludge, wet fraction of organic wastes, and landfill gas) can be seen as an alternative source. Utilising of biogas fulfils one of the National targets of waste management – reducing methane emissions.

Agricultural production for bio-fuel

Cereals. The using of cereal production for bio-energy is limited considering current production–consumption proportion. It is also important to conceive that there is 1.5–2 times more suitable area for cereal production than is used at present. Cereal straw as bio-fuel in the near-term can't be considered because its necessary for maintaining soil fertility. It is the most important to consider this aspect in South Estonia on humus-poor soils. From all cultivated cereals in Estonia only winter cereals (especially rye) straw could be considered potential resource for bio-fuel taking into account allocation of the farm or company.
When cereal yield increases in the future importance of straw as bio-fuel may be higher. Using more intensive technology in cereal cultivation the producible bio-energy would be remarkable. Despite the energetic equivalent of fertilizers is high, bio-energetic efficiency of their application in wheat cultivation is even higher.
Minimum yield level that is necessary for requesting bio-energy culture subsidies from Estonian Agricultural Registers and Information Board (PRIA), indicates that it is expected rather extensive production practices which its turn is both energetic and economic point of view questionable.
The bio-energetic efficiency in case of oil-seed rape is several times lower compared with wheat. The lowest oil-seed rape self-cost appeared when production input was smaller than 13 GJ per hectare. Producible bio-diesel cost-price will be remarkably high when considering minimum yield level required from PRIA.

Manure. It is used average 3.9 tons manure per hectare, which is considerably lower than optimum norm. Biogas from manure can be considered in large farms, in other companies it is rather for organic fertilization.

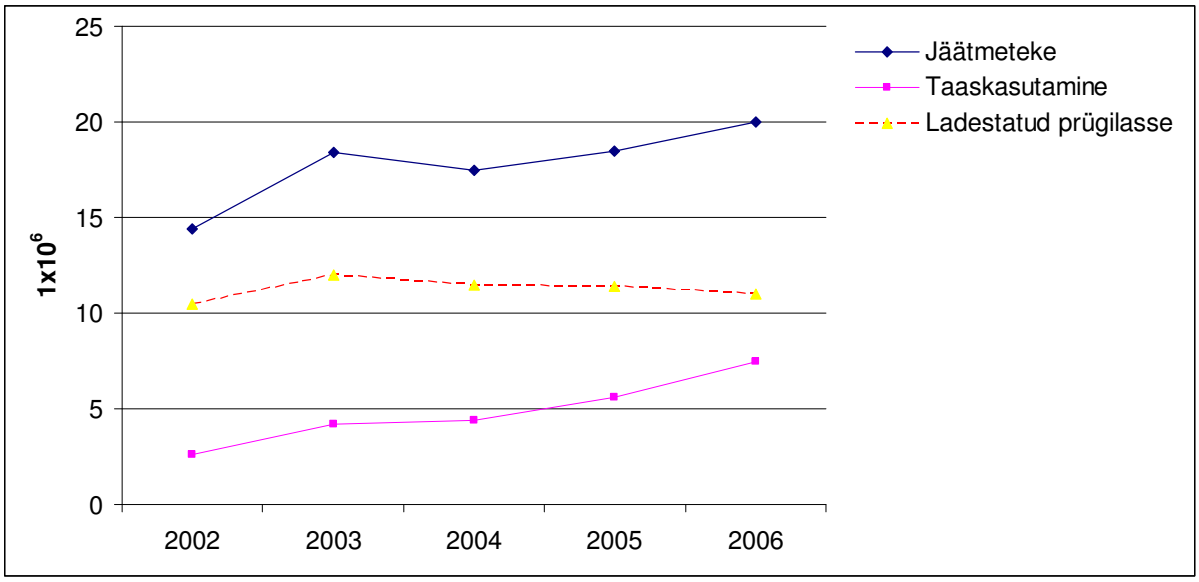
Grasslands and natural plant communities. If calculating biomass production from abandoned land (283.5 thousand hectares) taking into account natural grasslands productivity then it would be possible to produce 2.07 millions of tons biomass which can be used its turn for biogas production. Low productivity of grasslands in Estonia depends mostly on insufficient fertilizer usage. The potential yield of grasses reaches in our pedo-climatic conditions up to 180 GJ per hectare.
Based on the results collected from our field experiments the effective soil fertility as a yield of ribbon grass on Gleysols and Eutric Histisols is 1.5–2 times higher than on fertile automorphic

soils. It is also possible to get ribbon grass dry matter yield up to 10 tons per hectare on medium textured Albeluvisols.
Bio-energetic efficiency of nitrogen fertilizers for grasslands is very high at low application rates – 10-20 GJ bio-fuel per one GJ fertilizer. Bio-energetic efficiency is 7 when used agronomical effective (yield potential is maximum) rate of nitrogen fertilizer.
When producing and utilizing herbaceous mass for bio-energy it is important to take in consideration that in case of lower soil fertility the yield are more unstable. The ribbon grass yield without using nitrogen fertilizers varied over years approximately three times more than using high fertilize norms.

Thicket of reeds. Based on the estimation of Tallinn University of Technology about allocation of thicket of reeds suitable for harvesting and taking into account that the dry matter yield in spring harvesting is 4.5 tons per hectare and dry matter calorific value is 4.93 MWh per ton then the producible bio-fuel reaches up to 250 GWh of which 42% originates from Lääne county.
The experiments established in semi-natural areas and in artificial wetlands confirm that reed-mace has high bio-production potential; aboveground biomass has reached up to 12–17 tons per hectare (Maddison, 2004). The remarkable amount of this is lost for winter but in this case the producible bio-fuel would be 60–80 (100) GJ per hectare.

Lisad

LISA 1. Jäätmete üldhulk Eestis



Allikas: Statistikaamet, 2006: http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Keskkond/08Surve_keskkonnaseisundile/02Jaatmete_teke/02Jaatmete_teke.asp)

LISA 2. Jäätmekäitluse ülevaade maakondade lõikes 2005. a (tuh tonni)

Maakond	Koguteke	Taaskasutatud	Ladestatud	Vedu mujale +eksport
Harjumaa	2167,6	1601,4	201,5	901,7
s.h Tallinn	1739,4	1423,6	24,8	397,4
Hiiumaa	7,1	0,7	2,1	4,3
Ida-Virumaa	13 666,6	2 531,9	11 003,9	99,9
Jõgevamaa	49,4	13,9	6,9	33,0
Järvamaa	577,1	71,9	16,9	418,4
Läänemaa	37,1	21,5	8,5	14,7
Lääne-Virumaa	311,5	157,1	42,0	67,5
Põlvamaa	31,6	95,7	3,8	4,8
Pärnumaa	537,0	204,2	43,6	29,5
Raplamaa	31,7	17,4	0,0	18,9
Saaremaa	87,1	65,2	6,9	7,7
Tartumaa	352,4	158,0	66,3	72,6
Valgamaa	49,1	6,8	6,2	9,4
Viljandimaa	86,5	25,0	15,6	20,0
Võrumaa	111,4	36,8	9,7	66,6
KOKKU	18103,2	5007,5	11433,9	

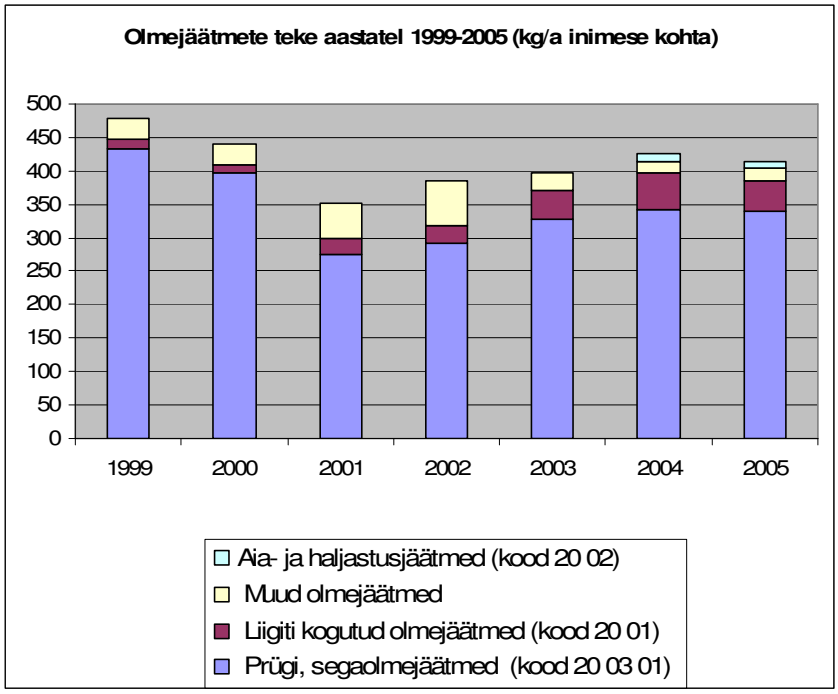
Jäätmetekke ja jäätmete edasise käitlemise andmete aluseks on Jäätmete, sealhulgas ohtlike jäätmete nimistu (RTI 2004, 23, 155), mis haarab ka jäätmeliike, mis ei kuulu jäätmeseaduse reguleerimisalasse (nt loomaväljaheited – sõnnik, virts). Moonutuste ja vältimiseks ei sisalda tabel 1 loomajäätmeid (Riigi Jäätmekava 2008-2013 eelnõu).
Allikas: Riigi Jäätmekava 2013 eelnõu

LISA 3. Olmejäätmete hulk maakondade lõikes 2005. a (tuh tonni)

Maakond	Olmejäätmete hulk (t)	Keskmine (%)	Elaniku kohta kg/el·a
Tallinn ja Harjumaa	232104	47,7	445
Tartumaa	60972	12,5	410
Ida-Virumaa	50015	10,3	288
Pärnumaa	35892	7,4	402
Järvamaa ja Raplamaa	21038	4,3	280
Lääne-Virumaa	18457	3,8	278
Viljandimaa	16168	3,3	286
Saaremaa	10665	2,2	303
Võrumaa	9789	2	253
Läänemaa	9594	2	343
Jõgevamaa	7646	1,6	204
Valgamaa	6818	1,4	196
Põlvamaa	5308	1	167
Hiiumaa	2532	0,5	247
Kokku:	**487000**	**100**	**361**

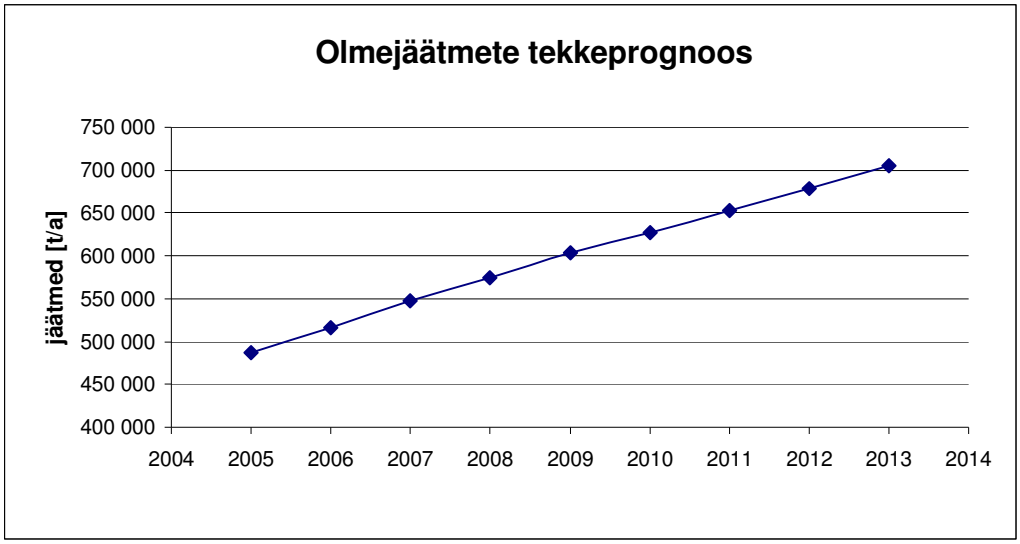
Allikas: Riigi Jäätmekava 2013 eelnõu

LISA 4. Olmejäätmete hulga muutumine aastate kaupa



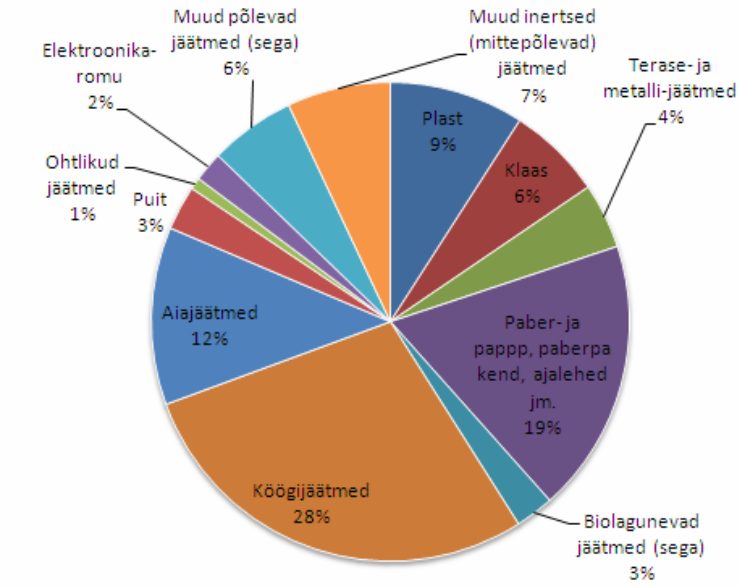
Allikas: Riigi Jäätmekava 2013 eelnõu

LISA 5. Olmejäätmete hulga prognoos aastani 2013



Allikas: Riigi Jäätmekava 2013 eelnõu

LISA 6. Olmejäätmete koostis



Allikas: Riigi Jäätmekava 2008-2013

LISA 7. Jäätmeliikide massiprotsendid kinnisturühmade kaupa

	Kinnisturühm	1-4 korterit		5-9 korterit		rohkem kui 10 korterit		keskmine	
Nr	Jäätmeliigid	Tallinn	Helsingi	Tallinn	Helsingi	Tallinn	Helsingi	Tallinn	Helsingi
1	Köögijäätmed	20.66	28.42	23.50	25.97	32.47	24.46	30.44	25.19
2	Aia-ja muud biojäätmed	26.29	14.54	15.65	17.82	8.32	8.26	10.66	9.91
3	Pehmepaber	1.88	3.32	1.45	2.87	1.76	2.82	1.73	2.94
4	Paber, papp, kartong	7.70	16.34	8.43	16.42	13.20	21.33	12.18	20.19
5	Muu paber, papp ja kartong	0.72	1.23	0.83	1.12	1.78	1.49	1.58	1.43
6	Plastid	7.73	13.03	7.26	11.31	9.51	13.66	9.10	13.41
7	Klaas	7.38	2.85	9.18	3.66	9.03	3.86	8.91	3.67
8	Metall	2.87	3.65	3.50	3.22	2.99	3.84	3.04	3.75
9	Elektri- ja elektroonikaseadmed	0.44	0.58	1.01	0.51	0.67	0.73	0.70	0.69
10	Puidust jäätmed	0.64	1.93	0.91	2.44	2.09	3.02	1.83	2.80
11	Tekstiil ja rõivad	3.59	3.56	6.63	3.36	6.25	4.78	6.08	4.49
12	Mähkmed ja hügieenisidemed	4.95	5.60	3.34	6.57	3.35	7.60	3.48	7.16
13	Segamaterjalist pakendid	0.55	0.51	0.68	0.34	0.97	0.54	0.90	0.52
14	Muu põlev materjal	1.51	1.59	1.49	1.23	1.89	1.92	1.82	1.83
15	Muu mittepõlev materjal sh tuhk	11.78	2.20	14.93	2.65	4.46	0.98	6.30	1.29
16	Segajäätmed	0.56	0.38	0.42	0.43	0.49	0.49	0.49	0.47
17	Ohtlikud jäätmed	0.76	0.28	0.78	0.22	0.77	0.22	0.77	0.23
	kokku	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Allikas: Tallinna ja Helsingi…, 2005

LISA 8. Pakendijäätmete osatähtsus olmejäätmetes (2005. a)

Jäätmeliik	% üldkogusest	Kogus t
Plastpakend	6,1%	29707
Klaaspakend	5,9%	28733
Metallpakend (Al ja Fe)	2,4%	11688
Paber- ja papppakend	11,0%	53570
Kokku	25,4%	123698

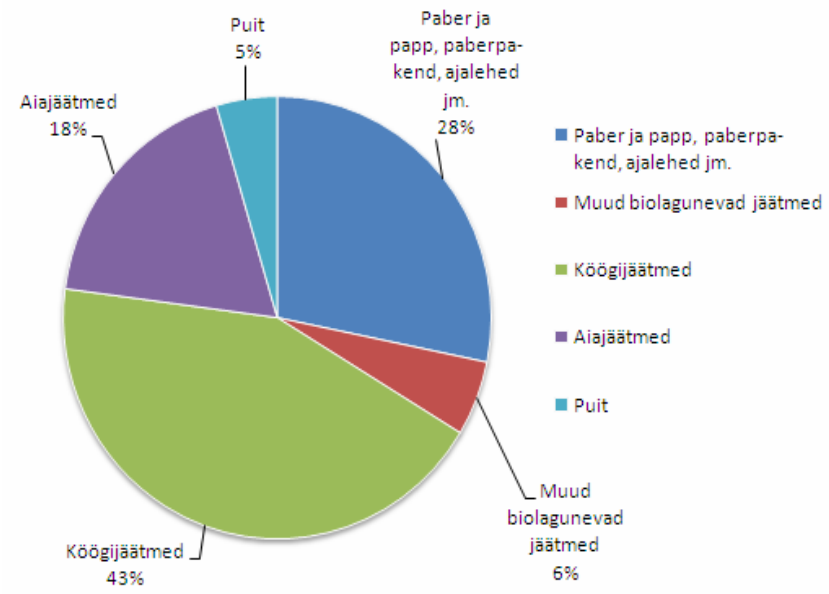
Allikas: Riigi Jäätmekava 2008-2013

LISA 9. Pakendijäätmete hulga prognoos

	2002	2005	2008	2010	2015
Kogus tonni aastas	120000	138915	160811	177295	205240
Elanike arv, mln	1,356	1,344	1,330	1,315	1,300
kg inimese kohta	88	103	121	135	158

Allikas: Riigi Jäätmekava 2008-2013

LISA 10. Biolagunevate jäätmete koostis



Allikas: Riigi Jäätmekava 2008-2013

LISA 11. Korterelamute hinnanguline remondivajadus

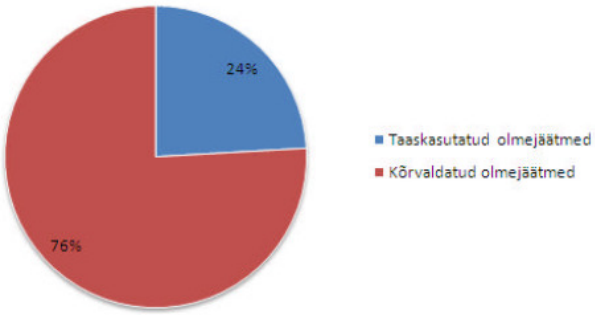
Periood	Remonti vajavate korterite arv aastas*	Remonti vajav pind aastas**, 1000 m^2
2003-2009	3204	166,9
2010-2014	11681	489,4
2015-2019	12907	587,0

*50 aastat tagasi kasutusele võetud kolme ja enama korteriga elamud. Esitatud andmed on perioodi keskmised näitajad aasta kohta.

**Eeldusel, et uusehitus kasvab samas tempos SKP-ga. Arvestatud on sama suure osakaaluga ehitusest, nagu kolme ja enama korteriga elamud moodustavad kogu elamispinnast (allikas: Eesti elamumajanduse arengukava aastateks 2003-2008)

Allikas: Riigi Jäätmekava 2008-2013

LISA 12. Olmejäätmete taaskasutamine



Allikas: SEJ, 2007

LISA 13. Tugiprügilad 2006 aastal

	Prügila nimi	Üldpind ha	Prügi all, ha	m3	
Harjumaa	Oru	1	0,8	9000	Töötab – 2009
Hiiumaa	Käina	2	1	125	Töötab – 2008
Ida-Virumaa	Sillamäe	4,9	1,5		Töötab – 2009
Lääne-Virumaa	Rakke	2	1,2		Töötab – 2009
Põlvamaa	Adiste	2,42	2	50000	Töötab – 2009
Saaremaa	Kudjape	6	5	100000	Töötab – 2009
Tartumaa	Aardlapalu	28,3	10,6	500000	Töötab – 2009
Valgamaa	Valga	5,5	3	482500	Töötab – 2009
Viljandimaa	Viljandi	6		300000	Töötab – 2009
Võrumaa	Räpo	3	2,5	500000	Töötab – 2009

Allikas: kohandatud http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=803/Prygilad+2006.pdf järgi

LISA 14. Nõuetele vastavate prügilate ladestusmaht 2006

	Prügila nimi	Üldpind ha	Prügi all, ha	m3	Ladestusmaht t/a
Harjumaa	Jõelähtme				**179 581**
Ida-Virumaa	Uikala	8			**52 901**
Järvamaa	Väätsa				**16 710**
Jõgevamaa	Torma	3,53	1,76	122000	
Pärnumaa	Paikuse				

Allikas: Kohandatud ÅF-Estivo AS 2007 järgi

LISA 15. Eri jäätmeliikide kütteväärtus

Jäätmeliik	Kütteväärtus (MJ/kg)
Toidujäätmed	4,7
Tekstiil	15,6
Paber	16,7
Papp, kartong	16,3
Plast	32,6
Puidujäätmed	18,6
Klaas	0,1

Allikas: ÅF-Estivo AS 2007

LISA 16. Olmejäätmete koostisainete kütteväärtus

Kütuse tarbimisaine koostis	massi %
Süsinik, C	26,4
Vesinik, H	3,7
Väävel, S	0,2
Kloor, Cl	0,3
Tuhasus, A^t	21,1
Veesisaldus, W^t	30
Alumine kütteväärtus:	
Kütuse tarbimisaine Q^t_a MJ/kg	10,5
Kütuse kuivaine Q^k_a MJ/kg	16,1

Allikas: ÅF-Estivo AS 2007

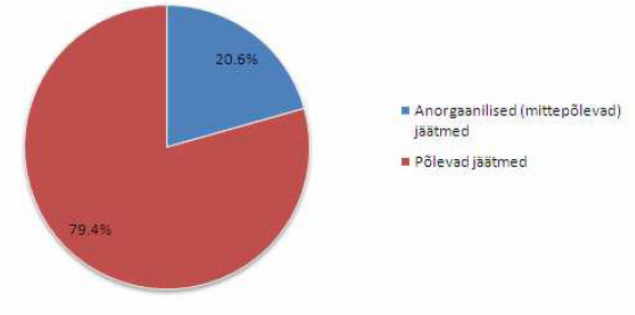
LISA 17. Olmejäätmete tüüpiline keemiline koostis

Komponent	Sisaldus, massi%
Vesi	32
Tuhk	20
Süsinik, C	28
Vesinik, H	3,5
Lämmastik, N	0,8
Hapnik, O_2	14,4
Kloor, Cl	0,6
Väävel, S	0,1
Naatrium, N + Kaalium, K	0,3
Alumine kütteväärtus	8-12 MJ/kg

Allikas: WSP Estonia OÜ

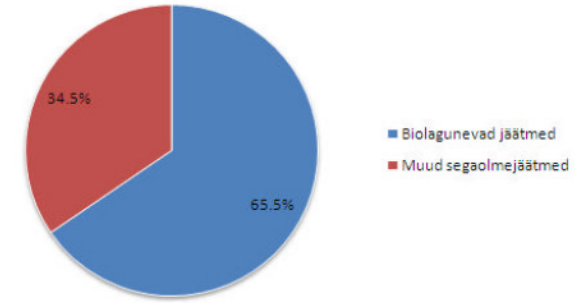
LISA 18. Olmejäätmete koostis

Põlevfraktsiooni osakaal olmejäätmetes



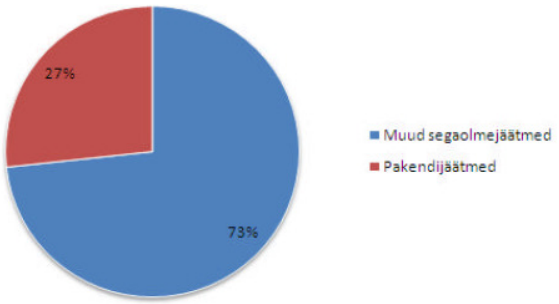
Allikas: ÅF-Estivo AS 2007

Biolagunevate jäätmete osakaal olmejäätmetes



Allikas: SEJ, 2007

Pakendijäätmete osakaal olmejäätmetes



Allikas: SEJ, 2007

LISA 19. Jäätmekütuseid käsitlevad dokumendid CEN/TC 343 (seisuga 9.12.06)

Standard	Eestis ülevõetud	Nimetus
CEN/TR 14980:2004		Solid recovered fuels - Report on relative difference between biodegradable and biogenic fractions of SRF
CEN/TR 15441:2006	EVS- CEN/TR 15441:2006	Solid recovered fuels - Guidelines on occupational health aspects
CEN/TR 15508:2006	EVS- CEN/TR 15508:2006	Key properties on solid recovered fuels to be used for establishing a classification system
CEN/TS 15357:2006	EVS- CEN/TS 15357:2006	Solid recovered fuels - Terminology, definitions and descriptions
CEN/TS 15358:2006	EVS- CEN/TS 15358:2006	Solid recovered fuels - Quality management systems - Particular requirements for their application to the production of solid recovered fuels
CEN/TS 15359:2006	EVS- CEN/TS 15359:2006	Solid recovered fuels - Specifications and classes
CEN/TS 15400:2006	EVS- CEN/TS 15400:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of calorific value
CEN/TS 15401:2006	EVS- CEN/TS 15401:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of bulk density
CEN/TS 15402:2006	EVS- CEN/TS 15402:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of the content of volatile matter
CEN/TS 15403:2006	EVS- CEN/TS 15403:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of ash content
CEN/TS 15404:2006	EVS- CEN/TS 15404:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of ash melting behaviour by using characteristic temperatures
CEN/TS 15405:2006	EVS- CEN/TS 15405:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of density of pellets and briquettes
CEN/TS 15406:2006	EVS- CEN/TS 15406:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of bridging properties of bulk material
CEN/TS 15407:2006	EVS- CEN/TS 15407:2006	Solid recovered fuels - Method for the determination of carbon (C), hydrogen (H) and nitrogen (N) content
CEN/TS 15408:2006	EVS- CEN/TS 15408:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of sulphur (S), chlorine (Cl), fluorine (F) and bromine (Br) content
CEN/TS 15410:2006	EVS- CEN/TS 15410:2006	Solid recovered fuels - Method for the determination of the content of major elements (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si, Ti)
CEN/TS 15411:2006	EVS- CEN/TS 15411:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of the content of trace elements (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V and Zn)

CEN/TS 15412:2006	EVS- CEN/TS 15412:2006	Solid recovered fuels - Methods for the determination of metallic aluminium
CEN/TS 15413:2006	EVS- CEN/TS 15413:2006	Solid recovered fuels - Methods for the preparation of the test sample from the laboratory sample
CEN/TS 15414-1:2006	EVS- CEN/TS 15414-1:2006	Solid recovered fuels - Determination of moisture content using the oven dry method - Part 1: Determination of total moisture by a reference method
CEN/TS 15414-2:2006	EVS- CEN/TS 15414-2:2006	Solid recovered fuels - Determination of moisture content using the oven dry method - Part 2: Determination of total moisture by a simplified method
CEN/TS 15414-3:2006	EVS- CEN/TS 15414-3:2006	Solid recovered fuels - Determination of moisture content using the oven dry method - Part 3: Moisture in general analysis sample
CEN/TS 15415:2006	EVS- CEN/TS 15415:2006	Solid recovered fuels - Determination of particle size distribution by screen method
CEN/TS 15440:2006		Solid recovered fuels - Method for the determination of biomass content
CEN/TS 15442:2006		Solid recovered fuels - Methods for sampling
CEN/TS 15443:2006		Solid recovered fuels - Methods for laboratory sample preparation

LISA 20.

Jäätmekategooriad:

Q1 – edaspidi teisiti määratlemata tootmis- ja tarbimisjäägid;

Q2 – praaktooted;

Q3 – tooted, mille kasutustähtaeg on lõppenud;

Q4 – materjalid, mis on maha voolanud, riknenud või mõne õnnetusjuhtumi tõttu kahjustunud, kaasa arvatud materjalid, seadmed või muud esemed, mis on õnnetusjuhtumi tagajärjel saastunud;

Q5 – materjalid, mis on saastunud või kõlbmatuks muutunud sihipärase tegevuse tagajärjel, nagu puhastusjäägid, pakkimismaterjalid, mahutid;

Q6 – kasutamiskõlbmatud päraldised, nagu tühjad patareid, kasutatud katalüsaatorid;

Q7 – ained, mis ei toimi enam nõutaval tasemel, nagu saastunud happed, lahustid, kasutatud karastussoolad;

Q8 – tööstusprotsessijäägid, nagu räbud, destillatsioonijäägid;

Q9 – saastetõrje- ja puhastusprotsessijäägid, nagu skraberisetted, kottfiltritolm, kasutatud filtrid;

Q10 – metallide töötlemise ja viimistlemise jäägid, nagu treilaastud, valtsimistagi;

Q11 – toorme kaevandamise ja töötlemise jäägid, nagu kaevandamisjäägid, naftatootmisel tekkinud muda;

Q12 – rikutud materjalid, nagu PCB-ga saastatud õli;

Q13 – kõik materjalid, ained või tooted, mille kasutamine on keelatud;

Q14 – tooted, millele valdaja ei leia edasist kasutamist, nagu põllumajanduses, olmes, kontorites, kauplustes või töökodades ära visatud vallasasjad;

Q15 – reostatud pinnase puhastamisel tekkinud saastunud materjalid, ained või tooted;

Q16 – kõik materjalid, ained või tooted, mida ei hõlma ülalloetletud kategooriad.

Kahjulik toime, mille alusel jäätmed loetakse ohtlikeks jäätmeteks:

H1 – plahvatusohtlikud ained ja valmistised, mis võivad leegiga kokkupuutel plahvatada või mis on löökide ja hõõrdumise suhtes tundlikumad kui dinitrobenseen;

H2 – oksüdeerivad ained ja valmistised, mis kokkupuutel muude, eelkõige tuleohtlike ainetega vallandavad tugevalt eksotermilise reaktsiooni;

H3A – väga tuleohtlikud vedelad ained ja valmistised, mille leektäpp on alla 21 ºC (kaasa arvatud eriti kergesti süttivad vedelikud), ning ained ja valmistised, mis võivad normaaltemperatuuril iseenesest kuumeneda ja õhuga kokkupuutel lõpuks süttida lisaenergiat vajamata, ning tahked ained või valmistised, mis võivad kergesti süttida pärast lühiajalist kokkupuudet mingi põleva allikaga ja mis põlevad või hõõguvad edasi, kui see allikas on kõrvaldatud, ning gaasilises olekus ained või valmistised, mis põlevad õhu käes normaalrõhul, ning ained ja valmistised, mis kokkupuutel niiske õhu või veega võivad eraldada ohtlikul hulgal kergestisüttivaid gaase;

H3B – tuleohtlikud vedelad ained ja valmistised, mille leektäpp on võrdne või üle 21 ºC ja võrdne või alla 55 ºC;

H4 – ärritavad mittesöövivad ained ja valmistised, mis võivad hetkelisel, kestval või korduval kokkupuutel naha või limaskestaga esile kutsuda põletiku;

H5 – kahjulikud ained ja valmistised, mis hingamisteede, seedeelundite või naha kaudu organismi sattudes võivad põhjustada tervisehäireid;

H6 – mürgised ained ja valmistised, mis hingamisteede, seedeelundite või naha kaudu organismi sattudes võivad põhjustada raskeid, ägedaid või kroonilisi tervisehäireid või surma;

H7 – kantserogeensed ained ja valmistised, mis hingamisteede, seedeelundite või naha kaudu organismi sattudes võivad põhjustada vähktõppe haigestumist või suurendada selle haiguse esinemissagedust;
H8 – sööbivad ained või valmistised, mis eluskudedega kokku puutudes võivad neid hävitada;
H9 – nakkusttekitavad, mikroorganisme või nende toksiine sisaldavad ained, mida teatakse kindlasti või tõenäoliselt põhjustavat inimeste või muude elusorganismide haigestumist;
H10 – teratogeensed või reproduktiivset funktsiooni kahjustavad ained ja valmistised, mis hingamisteede, seedeelundite või naha kaudu organismi sattudes võivad esile kutsuda mittepärilikke kaasasündinud väärarenguid või suurendada nende esinemissagedust;
H11 – mutageensed ained ja valmistised, mis hingamisteede või seedeelundite kaudu organismi sattudes võivad esile kutsuda pärilikke geneetilisi defekte või suurendada nende esinemissagedust;
H12 – ained ja valmistised, mille kokkupuutel vee, õhu või hapetega vabanevad mürgised või väga mürgised gaasid;
H13 – ained ja valmistised, millest pärast nende kõrvaldamist võivad leostuda või muul viisil eralduda muud ained, millel on käesoleva paragrahvi punktides 1–13 loetletud omadused;
H14 – ökotoksilised või keskkonnaohtlikud ained ja valmistised, mis põhjustavad või võivad põhjustada kas kohe või aja jooksul ohtu ühele või mitmele keskkonnakomponendile.

Jäätmete taaskasutamistoimingud:

R1 – kasutamine peamiselt kütusena või muu energiaallikana;
R2 – lahustite taasväärtustamine või regenereerimine;
R3 – lahustitena mittekasutatavate orgaaniliste ainete ringlussevõtt või taasväärtustamine (sealhulgas kompostimine ja muu bioloogiline muundamine);
R4 – metallide või metalliühendite ringlussevõtt või taasväärtustamine;
R5 – muude anorgaaniliste ainete ringlussevõtt või taasväärtustamine;
R6 – hapete või aluste regenereerimine;
R7 – reostustõrjeks kasutatud ainete taaskasutamine;
R8 – katalüsaatorikomponentide taaskasutamine;
R9 – õlide taasrafineerimine või korduskasutamine mõnel muul viisil;
R10 – pinnastöötlus põllumajandusliku kasutamise eesmärgil või keskkonnaseisundi parendamiseks;
R11 – käesoleva nimistu punktides R1– R10 kirjeldatud mis tahes toimingute tagajärjel tekkinud jäätmete kasutamine;
R12 – jäätmete vahetamine käesoleva nimistu punktides R1– R11 nimetatud mis tahes toiminguteks;
R13 – jäätmete kogumine nende töötlemiseks käesoleva nimistu punktides R11– R12 nimetatud mis tahes menetlusel, välja arvatud kogumise ajal ajutine ladustamine jäätmete tekkekohas.

Jäätmete kõrvaldamistoimingud:

D1 – maapealne või maa-alune ladestamine (näiteks prügilatesse);
D2 – pinnastöötlus (näiteks vedelate või püdelate heitmete biolagundamine pinnases);
D3 – süvainjektsioon maapõue (näiteks vedelate heitmete pumpamine puuraukudesse, mahajäetud soolakaevandustesse või looduslikesse tühemikesse);
D4 – vedelate või püdelate jäätmete paigutamine maapealsetesse kaevanditesse, basseinidesse, paistiikidesse jne;

D5 – paigutamine tarindprügilatesse (näiteks jäätmete paigutamine üksteisest ning keskkonnast isoleeritud, pealt kaetud ja vooderdatud pesadesse);

D6 – tahkete jäätmete heitmine veekogudesse, välja arvatud merre;

D7 – heitmine merre, sealhulgas ladestamine merepõhja;

D8 – bioloogiline töötlus, mida ei ole käsitletud mujal käesolevas nimistus ning mille lõppsaaduseks on ühendid ja segud, mis kõrvaldatakse mis tahes toiminguga D1 – D12;

D9 – füüsikalis-keemiline töötlus, mida ei ole käsitletud mujal käesolevas nimistus ning mille lõppsaaduseks on ühendid ja segud, mis kõrvaldatakse mis tahes toiminguga D1 – D12 (näiteks aurutamine, kuivatamine, kaltsineerimine);

D10 – põletamine maismaal;

D11 – põletamine merel;

D12 – püsiladustamine (näiteks konteinerites jäätmete paigutamine kaevandustesse);

D13 – jäätmesegude koostamine või jäätmete segamine enne käesoleva nimistu punktides D1– D12 nimetatud mis tahes toimingut;

D14 – jäätmete ümberpakkimine enne käesoleva nimistu punktides D1– D12 nimetatud mis tahes toimingut;

D15 – vaheladustamine käesoleva nimistu punktides D1– D14 nimetatud mis tahes toimingu ajal, välja arvatud ajutine ladustamine jäätmete kogumisel nende tekkekohas.