1918
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Soojustehnika instituut

Biomassi tehnoloogiauuringud ja tehnoloogiate rakendamine Eestis

Lõpparuanne

Lep7028 vastutav täitja Villu Vares

11.01.2008

Tallinn

Jaanuar – 2008

SISUKORD

SISSEJUHATUS **11**

1. BIOMASSI TOOTMISE JA ENERGEETILISE KASUTAMISE TERRITORIAALNE PLANEERIMINE (TOOTMISALADE TSONEERIMINE JA SOBITAMINE PEAMISTE KASUTUSKOHTADEGA) **13**

1.1. ÜLEVAADE BIOMASSI ENERGIAKS MUUNDAMISE VIISIDEST JA TEHNOLOOGIATEST 13
1.1.1. Biomassi põletusviisid ja tehnoloogiad *14*
1.1.2. Biomassi gaasistamine *15*
1.1.3. Biomassi gaasistamise majanduslik otstarbekus *16*
1.1.4. Soojuse ja elektri koostootmise võimalused biomassi baasil *18*
1.2. ÜLEVAADE EESTI ENERGIATARBIMISEST 21
1.3. EESTI ENERGIAETTEVÕTTED JA NENDE KÜTUSEKASUTUS 22
1.4. UUTE POTENTSIAALSETE BIOMASSI KASUTAVATE KATLAMAJADE JA KOOSTOOTMISJAAMADE RAJAMISE VÕIMALUSED 29
1.4.1. Biokütusel või turbal töötava kaugküttekatlamaja majandusliku otstarbekuse hindamine *33*
1.5. BIOMASSIL TÖÖTAVATE KOOSTOOTMISJAAMADE KOOSTALITLUS ENERGIASÜSTEEMIS 37
1.6. BIOMASSI TRANSPORDILOGISTIKA SKEEMIDEST 38
1.7. KASUTATUD ALLIKAD 39

2. BIOMASSI ENERGIAKS MUUNDAMISE TEHNOLOOGIATE SOBIVUS ERI LIIKI BIOMASSIPÕHISTELE KÜTUSTELE **41**

2.1. KÜTUSE OMADUSTEST JA KVALITEEDIST TULENEVAD NÕUDED ENERGEETILISTE SEADMETE VALIKUKS 41
2.1.1. Tahkete biokütuste klassifitseerimise alused *42*
2.1.2. Põletustehnoloogia sobivuse esmane hindamine *44*
2.2. EESTILE SOBIVATE ENERGIAKULTUURIDE JA MUU SOBIVA BIOMASSI PÕLETAMISEKS NÕUTAVAD PÕLETUSTEHNILISED PARAMEETRID JA MÕJU ENERGIASEADMETE TÖÖLE 45
2.2.1. Probleemsete jäätmete teke Eestis 2005.a. andmete alusel *45*
2.3. TEHNOLOOGILISI LAHENDUSI JÄÄTMETE PÕLETAMISEKS 48
2.3.1. Tehnilised nõuded jäätmepõletustehasele *48*
2.3.2. Jäätmepõletusseadmed *50*
2.3.2.1. Jäätmete ettevalmistusest põletamiseks 51
2.3.3. Jäätmete põletamine *51*
2.3.3.1. Kihis põletamine 53
2.3.3.2. Keevkiht põletus 55
2.3.3.3. Tsirkuleeriv keevkiht 55
2.4. ENERGIAKULTUURIDE JA BIOKÜTUSE SEGUDE PÕLETUSSEADMETE JA TEHNOLOOGIATE VALIKU PÕHIMÕTTED 56
2.5. ENERGIAKULTUURIDEST VÄÄRINDATUD BIOKÜTUSTE TOOTMISE OTSTARBEKUSE HINDAMINE JA EESTI JAOKS SOBIVATE SEADMETE VALIK 56

3. BIOGAASI TOOTMISE POTENTSIAAL – SOBIVAD TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED, VÕIMSUSED, ASUKOHAD, VÕRGU LOOMISE EELDUSED **59**

3.1. ÜLEVAADE BIOMASSI RESSURSSIDEST BIOGAASI TOOTMISEKS EESTIS 59
3.1.1. Üldist *59*
3.1.2. Biolagunevad põllumajandusjäätmed looma- ja linnukasvatusest *60*
3.1.3. Reovee setted ja mudad *63*
3.1.4. Tööstusettevõtete biolagunevad tootmisjäätmed ja –jäägid *66*
3.1.5. Asulate prügilad *68*
3.1.6. Rohtne biomass *69*
3.1.7. Kokkuvõte *70*
3.1.8. Soovitused *72*
3.2. BIOGAASI TOOTMISE TEHNOLOOGIAD JA SEADMESTIK EUROOPAS JA EESTIS 73
3.2.1. Biogaasi tootmise tehnoloogiad ja seadmestik Eestis *74*
3.3. VÕIMALIKUD TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED BIOGAASI TOOTMISEKS JA SELLE MUUNDAMISEKS ENERGIAKS EESTIS. 77
3.3.1. Biogaas kodumajapidamise kütusena (toidu valmistamiseks) *77*
3.3.2. Soojuse ja elektri (koos)tootmine *77*

3.3.3. Jahutus- ja kuumutusprotsesside käivitamine (adsorptsioonjahutusseade ja adsorptsioonsoojuspump) ... *78*
3.3.4. Mootorikütus ... *78*
3.3.5. Biogaasi veeldamine (vedelgaas balloonides) ... *78*
3.3.6. Kütuselemendi (fuel cell) kütus ... *78*
3.3.7. (Bio)vesiniku tootmine ... *79*
3.3.8. Juhtimine maagaasivõrku ... *79*
3.3.9. Põllumajandusliku tooraine kääritusjäägi kasutamine väetiseks või kütusena ... *79*
3.4. SOOVITUSED TEHNOLOOGIATE VALIKUKS TULEVASTELE INVESTORITELE KOOS KONKREETSETE VIIDETEGA EUROOPA TUNTUMATELE PROJEKTEERIMISFIRMADELE, SEADMETE TOOTJATELE JA TEHNOLOOGIA TARNIJATELE ... 80
3.5. LIGIKAUDSED HINNANGUD ERINEVATE TEHNOLOOGIATE MAJANDUSLIKU TASUVUSE OSAS, VASTAVA ARVUTUSE ALGORITM ... 81
3.6. ETTEPANEKUD RIIKLIKE REGULATSIOONIDE KEHTESTAMISEKS VALDKONNAS ... 83

4. TRANSPORT-BIOKÜTUSTE TOOTMISE POTENTSIAAL: SOBIVAD TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED, VÕIMSUSED, ASUKOHAD ... 85

4.1. BIOKÜTUSEGA SEOTUD ARENGUKAVAD ... 86
4.2. KÜTUSEAKTSIIS (1) ... 87
4.3. VEDELATE BIOKÜTUSTE LIIGID ... 88
4.4. BIOETANOOL ... 90
Bioetanooli hinna tooraine osa, DEM/l ... *93*
4.5. NÕUDED BIOKÜTUSE KVALITEEDILE ... 95
Stöhhiomeetriline õhk/kütus suhe [kg õhku/kg kütust] ... *96*
4.6. BIODIISELKÜTUS ... 97
Kütuse liik / ... *97*
sõidukite arv ... *97*
Bensiin 97
451 131 97
4.6.1. Biodiisli tootmine ... *100*
4.6.2. Biodiisli omahind ... *101*
4.7. BIOKÜTUSTE TOOTMISE ENERGIABILANSS ... 102
4.8. KASUTATUD ALLIKAD ... 104

5. BIOMASSI TOODETE ELUTSÜKLI HINDAMINE ... 107

5.1. OLELUSTSÜKLI HINDAMISE STANDARDID ... 107
5.1.1. Standard EVS-EN ISO 14040:2006 ... *107*
5.1.2. Standard EVS-EN ISO 14044:2006 ... *107*
5.2. BIOKÜTUSTE OLELUSTSÜKKEL ... 110
5.2.1. Bioenergiatoodete energiabilanss ja efektiivsus ... *113*
5.2.2. Bioenergiatoodete emisioonid ... *114*
5.2.3. Bioenergiatoodete keskkonnamõju ... *116*
5.2.4. Bioenergiatoodete ökonoomika ... *117*
5.3. BIOMASSI- JA KONVENTSIONAALSETE TOODETE OLELUSTSÜKLITE VÕRDLEV ANALÜÜS ... 118
5.3.1. Bio- ja fossiilse diisli olelustsüklite võrdlus ... *118*
5.3.1.1. Olelustsüklite energiavajadus ja energiabilanss ... 119
5.3.1.2. Olelustsüklite süsinikdioksiidi (CO_2) emissioonid ... 122
5.3.1.3. Olelustsüklite õhuemissioonid (va CO_2) ... 122
5.3.1.4. Olelustsüklite vee-emissioonid ... 123
5.3.2. Rapsiõlist toodetud ja konventsionaalsete määrdeainete olelustsüklite võrdlus ... *124*
5.4. BIOKÜTUSED EI OLE NII ROHELISED KUI PAISTAB. EUROOPA LIIDU KESKKONNAKOMISJONI ARVAMUS ... 127
5.4.1. Biokütuste keskkonnamõju ... *127*
5.4.2. Süsinikdioksiidi emissiooni vähendamise maksumus ... *128*
5.4.3. Biokütuste ökoloogiline mõju ... *128*
5.4.4. Kasvuhoonegaaside vähendamine transpordisektoris ... *129*
5.5. KASUTATUD ALLIKAD ... 130

6. EESTI OSALEMINE EUROOPA LIIDU TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE RAAMPROGRAMMIDES – VÕIMALUSED JA VALIKUD ENERGIASEKTORILE ... 131

6.1. EESTI OSALEMINE EL TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE 6. JA 7. RAAMPROGRAMMIS 131
6.2. ENERGIA VALDKONNA TEEMAD EL 7. RAAMPROGRAMMIS 135
6.2.1. Elektri tootmine taastuvatest energiaressurssidest 135
6.2.2. Kütuste tootmine taastuvressurssidest 136
6.2.3. Taastuvad energiaallikad kütmise ja jahutamise jaoks 136

7. MATERJALITOOTMINE BIOMASSIST; BIOMATERJALIDE KASUTAMINE JA TRENDID (SH EHITUSMATERJALID, TARBE- JA TÖÖSTUSKEEMIA, BIOPLASTID, KOMPOSIITMATERJALID JM) 149

7.1. BIOMASSIST EHITUSMATERJALIDE TOOTMINE 149
7.1.1. Haavapuitmassi tehas – Estonian Cell 149
7.1.2. HORIZON AS 150
7.1.3. AS Repo Vabrikud 151
7.1.4. VIISNURK AS 152
7.1.5. Kokkuvõte puidu kasutamisest tselluloosi ja ehitusmaterjalide tootmiseks 153
7.1.6. Andmete allikad 154
7.2. BIOPLASTID 154
7.2.1. Bioplastide mõiste ja tarbimistasandid 154
7.2.2. Bioplastide kasutamine 156
7.2.3. Tähtsamad bioplastide rühmad 157
7.2.3.1. Modifitseeritud biopolümeerid 157
7.2.3.2. Osalise biopäritoluga polümeerid 161
7.2.4. Bioplastide trendid 163
7.2.5. Bioplastide tootmise perspektiivid Eestis 163
7.3. KASUTATUD ALLIKAD 164

8. BIOMASSI ENERGIA KASUTAMISE EDENDAMISE KORRALDUS JA MEETMED EESTIS 165

8.1. SENISED MEETMED EESTIS 165
8.2. UUED TOETUSMEETMED JA RIIGIABI 169
8.3. LÜHIÜLEVAADE BIOMASSI ENERGEETILISE KASUTAMISE EDENDAMISE VÕIMALIKEST MEETMETEST JA KAALUTLUSI NENDE KASUTUSELEVÕTUKS EESTIS 171
8.4. KASUTATUD MATERJALID 175

TABELITE LOETELU

TABEL 1.1 KUNI 3000 kW_E VÕIMSUSEGA ELEKTRIENERGIAT JA SOOJUST KOOSTOOTVATE SEADMETE PÕHIMÕTTELISED KARAKTERISTIKUD 19

TABEL 1.2. KOOSTOOTMISSEADMETE TÖÖ PARAMEETRID 20

TABEL 1.3. MÕNED KOOSTOOTMISE TEHNOLOOGIATE TEHNILISED JA MAJANDUSLIKUD NÄITAJAD 20

TABEL 1.4. KATELDE RENOVEERIMISVAJADUSE HINNANG (2002) 27

TABEL 1.5. RENOVEERIMISE TULEMUSENA OODATAV KATELDE KASUTEGURI TÕUS 28

TABEL 1.6. HINNANGULINE INVESTEERIMISVAJADUS KATELDE RENOVEERIMISEKS (MEEK/A) 28

TABEL 1.7. KOOTOOTMISJAAMADE TASUVUSANALÜÜSI KOONDANDMED 30

TABEL 1.8. BIOKÜTUSEL TÖÖTAVA KAUGKÜTTEKATLAMAJA PÕHIANDMED 33

TABEL 1.9. LAOKUIVA PÕHU JA ROOSTIKE BIOMASSI POTENTSIAALNE ENERGIARESSURSS HUGO ROOSTALU ANDMETEL 36

TABEL 2.1. PÕLETUSTEHNOLOOGIATE SOBIVUS ERINEVATE PUIT- JA TURBAKÜTUSTE PÕLETAMISEKS 42

TABEL 2.2. BIOKÜTUSTE KAUBANDUSLIKE VORMIDE NÄITEID 43

TABEL 2.3. PÕLLUMAJANDUSE JA SELLEGA KAASNEVATE VALDKONDADE JÄÄTMEBILANSS EESTIS 2005.A. 47

TABEL 2.4. EELMISES TABELIS (TABEL 2.3) TOODUD JÄÄTMETE LAHTIKIRJUTUS 49

TABEL 3.1. EESTI PÕLLUMAJANDUSES TEKKIVAST SÕNNIKUST SAADAV BIOGAASI TEOREETILINE HULK JA SAADAV ENERGIA (2006. AASTA ANDMETE ALUSEL) 61

TABEL 3.2. EESTI MAAKONDADE SUUREMATE REOVEEPUHASTUSJAAMADE MUDAST SAADAV BIOGAASI HULK (2005 AASTA ANDMED) 63

TABEL 3.3. EESTI SUUREMATE REOVEEPUHASTUSJAAMADE MUDAST SAADAV POTENTSIAALNE BIOGAASI HULK (2005. AASTA ANDMETE ALUSEL) 65

TABEL 3.4. BIOLAGUNEVATEST JÄÄTMETEST SAADAVAST BIOGAASIST TOODETAVA SOOJUSE JA ELEKTRI POTENTSIAAL (2004. JA 2005. AASTA KESKMISED ANDMED) 66

TABEL 3.5. EESTI BIOLAGUNEVATEST JÄÄTMETEST SAADAV BIOGAASI HULK MAAKONDADE KAUPA (2004. JA 2005. AASTA KESKMINE) 67

TABEL 3.6. EESTI SUUREMATE PRÜGILATE PRÜGI MASS JA POTENTSIAALNE GAASITOODANG 68

TABEL 3.7. SUUREMATESSE PRÜGILATESSE PAIGALDATAVATE KOOSTOOTMISJAAMADE VÕIMSUS (ARVUTUSLIK, KIRJANDUSE ANDMETE ALUSEL) 69

TABEL 3.8. PRÜGILATESSE PAIGALDATAVATE KOOSTOOTMISJAAMADE VÕIMSUS (PÄÄSKÜLA PRAKTILISTE KOGEMUSTE ALUSEL) 69

TABEL 3.9. ROHTSEST BIOMASSIST SAADAV POTENTSIAALNE BIOGAASIHULK JA ENERGIA 70

TABEL 3.10. EESTIS SÕNNIKUST, REOVEE MUDAST JA BIOLAGUNEVATEST JÄÄTMETEST SAADAVA BIOGAASI HULK 71

TABEL 3.11. SÕNNIKUST, REOVEE MUDAST JA BIOLAGUNEVATEST JÄÄTMETEST SAADAV ENERGIA 71

TABEL 3.12. KÄÄRITUSMEETODITE MAATRIKS 73

TABEL 4.1 BENSIINI, KERGE KÜTTEÕLI JA DIISELKÜTUSE TARBIMINE EESTIS 86

TABEL 4.2. LIGNOTSELLULOOSILISE BIOMASSI KOOSTIS (5) 88

TABEL 4.3. BIOETANOOLI TOODANG EUROOPAS MILJONITES LIITRITES (7) 90

TABEL 4.4. BIOETANOOLI SAAGIS NISUST JA SUHKRUPEEDIST EL MAADES (7) 91

TABEL 4.5. BIOETANOOLI TOOTMISKULUD EL (10) 93

TABEL 4.6. BIOETANOOLI TOOTMINE TALIVILJADEST (11), HINNAD 2000. AASTA SAKSA MARKADES 93
TABEL 4.7 BIOETANOOLI TOOTMISHIND USA JA EUROOPA TEHASTES 2000 US DOLLARIT LIITRI KOHTA 94
TABEL 4.8 TERAVILJA TOODANG EESTIS, TUHANDED TONNID 94
TABEL 4.9. BIOETANOOLI, BENSIINI JA ETBE OMADUSED (13, 14) 95
TABEL 4.10. EESTIS REGISTREERITUD SÕIDUKITE JAOTUMINE KÜTUSE LIIGI JÄRGI SEISUGA 01.01.2007 97
TABEL 4.11. BIODIISLI TOOTMINE JA TOOTMISVÕIMSUSED EUROOPAS (16) 97
TABEL 4.12. BIODIISLI JA FOSSIILSE DIISELKÜTUSE OMADUSED (17) 99
TABEL 4.13. SAASTAVATE EMISSIOONIDE MAHTUDE VÄHENEMINE BIODIISLI KASUTAMISEL (19) 99
TABEL 4.14. BIOKÜTUSTE TOOTMISHINNAD 101
TABEL 4.15 RAPSI KASVATAMINE EESTIS 102
TABEL 4.16. BIOETANOOLI TOOTMISE ENERGIABILANSS (23) 103
TABEL 4.17. BIODIISLI TOOTMISE ENERGIABILANSS TOOTMISEL RAPSISEEMNEST (23) 103
TABEL 5.1. PEAMISTE KASVUHOONEGAASIDE POTENTSIAAL GLOBAALSE SOOJENEMISE ESILEKUTSUMISEL VÕRRELDES SÜSINIKDIOKSIIDIGA 115
TABEL 5.2. FOSSIILSETE TRANSPORDIS KASUTATAVATE KÜTUSTE JA BIODIISLI FÜÜSIKALIS-KEEMILISED, ENERGIAMAHUKUSE NING EMISSIOONI KARAKERISTIKUD 119
TABEL 5.3. TAVADIISLI OLELUSTSÜKLI PRIMAARENERGIA VAJADUS USA NÄITEL 120
TABEL 5.4. TAVADIISLI OLELUSTSÜKLI FOSSIILENERGIA VAJADUS USA NÄITEL 120
TABEL 5.5. BIODIISLI OLELUSTSÜKLI PRIMAARENERGIA VAJADUS USA NÄITEL 121
TABEL 5.6. BIODIISLI OLELUSTSÜKLI FOSSIILENERGIA VAJADUS USA NÄITEL 121
TABEL 5.7. SÕIDUKI HEITGAASIDE OSAKAAL KOGU SÜSINIKDIOKSIIDI OLELUSTSÜKLIS TAVA- JA BIODIISLI KORRAL 122
TABEL 5.8. 1 TONNI BIOPÄRITOLU MÄÄRDEAINE OLELUSTSÜKLITE JOOKSUL TOIMUNUD EMISSIOONIDE VÕRDLUS FOSSIILSET PÄRITOLU MÄÄRDEAINETEGA 126
TABEL 6.1. EUROOPA LIIDU UUTE JA VANADE LIIKMESRIIKIDE ESINDATUS DG RTD PROJEKTIDES 133
TABEL 6.2. EUROOPA LIIDU UUTE JA VANADE LIIKMESRIIKIDE ESINDATUS DG TREN PROJEKTIDES 133
TABEL 6.3. EESTI OSALEMINE 6. RAAMPROGRAMMIS (RAHASTATUD TAOTLUSED) 137
TABEL 6.4. EESTI OSALEMINE 6. RAAMPROGRAMMIS (RAHASTAMATA TAOTLUSED) 143
TABEL 6.5. EESTI OSALEMINE 7. RAAMPROGRAMMIS (RAHASTATUD TAOTLUSED) 148
TABEL 7.1. PUIDU BIOMASSI ERIVAJADUS (NN SAAGIKUS) JA SUMMAARNE KULU ERINEVATE TOODETE JAOKS ... 154
TABEL 8.1. BIOKÜTUSTE TOOTMINE JA TARBIMISSE ANDMINE EESTIS AASTATEL 2005 JA 2006 168
TABEL 8.2. RIIGIABI MAKSIMAALNE LUBATUD OSATÄHTSUS INVESTEERIMISABI KORRAL 170

JOONISTE LOETELU

JOONIS 1.1. BIOMASSI ENERGIAKS MUUNDAMISE TEHNOLOOGILISED VÕIMALUSED[1] 13

JOONIS 1.2. BIOMASSI ENERGIAKS MUUNDAMISE TEHNOLOOGILISED VIISID, PRODUKTID JA TURURAKENDUSED [2] 14

JOONIS 1.3. SKEMAATILINE GASIFITSEERIMISE ESITLUS KUI ÜKS KÜTUSE TERMILISE MUUNDAMISE VIIS 16

JOONIS 1.4. GAASISTATUD BIOMASSIL TÖÖTAVATE KOMBINEERITUD TSÜKLIGA (GAASI+AURUTURBIIN) ELEKTRITOOTMISSEADMETE INVESTEERINGUD 17

JOONIS 1.5. BIOMASSIST SAADUD GAASIL TÖÖTAVATE ELEKTRITOOTMISSEADMETE INVESTEERINGUTE TÜÜPILISED ERIMAKSUMUSED 18

JOONIS 1.6. BIOMASSIST SAADUD GAASIL TÖÖTAVATE ELEKTRITOOTMISSEADMETEGA TOODETAVA ELEKTRI TÜÜPILINE OMAHIND 18

JOONIS 1.7. KOOSTOOTMISJAAMADE RAJAMISEL RAKENDATAVATE TEHNOLOOGILISTE LAHENDUSTE JA ÜHIKVÕIMSUSTE ARENGUPERSPEKTIIVID 20

JOONIS 1.8. HINNANGULINE ENERGIATARBE JAOTUS HOONETE KÜTMISEKS AASTATEL 1998 JA 2005 21

JOONIS 1.9. LOKAALKÜTTEKS KASUTATAVATE KÜTUSTE OSATÄHTSUSED AASTATEL 1998 JA 2005 21

JOONIS 1.10. PUITKÜTUSTE TOOTMINE JA EKSPORT 22

JOONIS 1.11 SOOJUSE TOOTMISEKS KASUTATAVATE KÜTUSTE BILANSS 1991-1998 23

JOONIS 1.12 SOOJUSE TOOTMISEKS KASUTATAVAD KÜTUSED AASTAL 1998 23

JOONIS 1.13. EESTI KATLAMAJADES SOOJUSE TOOTMISEKS KASUTATAVATE KÜTUSTE STRUKTUUR AASTATEL 2002 JA 2005 24

JOONIS 1.14. MÕNES EESTI PIIRKONNAS SOOJUSE TOOTMISEKS KASUTATAVATE KÜTUSTE STRUKTUUR AASTATEL 2002 JA 2005 24

JOONIS 1.15. STATISTILISED ANDMED KATELDE KOHTA EESTI KATLAMAJADES 25

JOONIS 1.16. PUITKÜTUSTEL TÖÖTAVATE KATELDE ARVU, SUMMAARSE JA KESKMISE VÕIMSUSE NING SOOJUSTOODANGU MUUTUMINE AJAVAHEMIKUS 1993 – 2006 25

JOONIS 1.17. KAUGKÜTTEKATLAMAJA TÜÜPILINE KOORMUSTE KESTUSKÕVER 26

JOONIS 1.18. KATELDE NOMINAALKOORMUSELE TAANDATUD KASUTUSAJA MUUTUMINE AJAVAHEMIKUS 1993 -- 2006 27

JOONIS 1.19. SUURE KOOSTOOTMISJAAMA MAJANDUSLIKU TASUVUSE TUNDLIKKUSE ANALÜÜS 30

JOONIS 1.20. KULUDE JAOTUS ENERGIA TOOTMISEL 31

JOONIS 1.21. VÄIKESE KOOSTOOTMISJAAMA MAJANDUSLIKU TASUVUSE TUNDLIKKUSE ANALÜÜS 31

JOONIS 1.22. TULU NÜÜDISVÄÄRTUSE SÕLTUVUS VÄIKESE KOOSTOOTMISJAAMA INVESTEERINGUTE MAHU MUUTUMISEST 32

JOONIS 1.23. KAUGKÜTTEKATLAMAJA MAJANDUSLIKU TASUVUSE TUNDLIKKUSE ANALÜÜS 34

JOONIS 1.24. TULU NÜÜDISVÄÄRTUSE SÕLTUVUS KATLAMAJA INVESTEERINGUTE MAHU MUUTUMISEST 34

JOONIS 1.25. TULU NÜÜDISVÄÄRTUSE SÕLTUVUS INVESTEERINGU VÕIMALIKUST MUUTUMISEST 35

JOONIS 1.26. PUITKÜTUSTE BILANSS PÄRAST KOLME KOOSTOOTMISJAAMA KÄIVITAMIST 35

JOONIS 2.1. KOOSPÕLETAMIST VÕIMALDAVATE KEEVKIHTTEHNOLOOGIAL PÕHINEVATE PÕLETUSSEADMETEGA ELEKTRIJAAMADE PAIKNEMINE 45

JOONIS 2.2. MASSPÕLETUS MEETODI SKEEM 52

JOONIS 2.3. JÄÄTMEKÜTUSE (RDF) PÕLETAMISE SKEEM 53

JOONIS 2.4 PÖÖRLEV PÕLETUSSEADE JÄÄTMEKÜTUSE PÕLETAMISEKS 54

JOONIS 2.5. RESTPÕLETUS SEADE (KA MASSPÕLETAMISEL KASUTATAV) 54
JOONIS 2.6. KOLMANDA PÕLVKONNA JÄÄTMEKÜTUSE PÕLETAMISE KATELSEADE KETTREST KOLDEGA 54
JOONIS 2.7. MULLILINE KEEVKIHTSEADE 55
JOONIS 2.8. TSIRKULEERIVA KEEVKIHIGA KATELSEADE 55
JOONIS 3.1. PÕLLUMAJANDUSEST SAADAVA BIOGAASI TEOREETILINE HULK LOOMALIIKIDE KAUPA 62
JOONIS 3.2. MAAKONDADE REOVEEMUDAST SAADAV BIOGAASI HULK 63
JOONIS 3.3. EESTI SUUREMATE REOVEEPUHASTUSJAAMADE MUDAST POTENTSIAALSELT SAADAV BIOGAASI HULK 64
JOONIS 3.4. EESTIS SÕNNIKUST, REOVEE MUDAST JA BIOLAGUNEVATEST JÄÄTMETEST SAADAVAD BIOGAASI HULGAD 72
JOONIS 3.5. EESTIS TÖÖTAVAD JA KAVANDATAVAD BIOGAASI (PRÜGILAGAASI) JAAMAD 76
JOONIS 3.6. BIOGAASIJAAMA MAKSUMUSE SÕLTUVUS VÕIMSUSEST 82
JOONIS 4.1. ENERGIAKULU SUHTELINE JAOTUS BIOETANOOLI TOOTMISEL TERAVILJAST 92
JOONIS 4.2. BIODIISLI OMAHINNA STRUKTUUR (22) 101
JOONIS 5.1. OLELUSTSÜKLI HINDAMISE ETAPID 108
JOONIS 5.2. INVENTUURI ANALÜÜSI LIHTSUSTATUD KÄIK 109
JOONIS 5.3. BIOKÜTUSTE TOOTMISE OLELUSTSÜKLI PÕHIMÕTTELINE SKEEM 111
JOONIS 5.4. ÜLEVAADE BIOKÜTUSTE OLELUSTSÜKLI KÕIKIDE ETAPPIDE ENERGIAVOOGUDEST JA EMISSIOONIDES 112
JOONIS 5.5. BIODIISLITE B20 JA B100 OLELUSTSÜKLI ÕHUEMISSIOONID VÕRRELDUNA DIISELKÜTUSE OLELUSTSÜKLI ÕHUEMISSIOONIDEGA 123
JOONIS 5.6. BIODIISLI JA FOSSIILDIISLI KOGU OLELUSTSÜKLI JOOKSUL TEKKIVA HEITVEEKOGUSE VÕRDLUS 124
JOONIS 5.7. MÄÄRDEAINETE OLELUSTSÜKLITE ANALÜÜS ERINEVATE UTILISEERIMISSTSENAARIUMIDEGA 125
JOONIS 6.1. EESTI TEADUS- JA HARIDUSASUTUSTE NING ETTEVÕTETE OSALEMINE 6. JA 7. RAAMPROGRAMMI PROJEKTIDES 134
JOONIS 7.1. AS VIISNURKKIUDPLAAT TOODETE NÄIDISED 153
JOONIS 7.3. TSELLULOOSI KEEMILINE STRUKTUUR 158
JOONIS 7.4. KITIINI KEEMILINE STRUKTUUR 159
JOONIS 7.5. PHA KEEMILINE STRUKTUUR 159
JOONIS 7.6. PLA TEKKE TEOREETILINE SKEEM 161
JOONIS 7.7. PLA TEKKE TEGELIK SKEEM 161
JOONIS 7.8. PU SÜNTEESI ÜLDSKEEM 162
JOONIS 7.9. PA SÜNTEESI ÜLDSKEEM 162
JOONIS 8.1. ELEKTRI TOOTMINE TAASTUVALLIKATEST EESTIS AASTATEL 2000–2006 165

SISSEJUHATUS

Käesolev koondaruanne sisaldab lepingu Lep7028 „Biomassi tehnoloogiauuringud ja tehnoloogiate rakendamine Eestis” raames tehtud uuringute tulemusi. Koondaruande materjalide alusel on koostatud nii eesti- kui inglisekeelsed kokkuvõtted, mis esitatakse eraldi dokumentidena.

Tööst võtsid osa lisaks Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika instituudi spetsialistidele veel teised Tallinna Tehnikaülikooli töötajad, magistrandid ja doktorandid. Alltäitjatena võtsid tööst osa veel Allan Nurk Tartu Ülikooli Tehnoloogiainstituudist ja Maria Habicht SA Archimedes. Töö käigus tutvustati ja arutati vahetulemusi kahel MESi ja Põllumajandusministeeriumi poolt läbiviidud seminaril. Biomassi ressursse puudutavad lähteandmed töö jaoks on saadud koostööpartneritelt (põhiliselt Eesti Maaülikoolist).

Lepingu täitmisest ning aruannete koostamisest võtsid osa järgmised spetsialistid:

Villu Vares	TTÜ Soojustehnika instituudi dotsent, PhD	Lepingu vastutav täitja, allteemade 1 ja 2 vastutav täitja
Ülo Kask	TTÜ Soojustehnika instituudi teadur, MSc	Allteema 3 vastutav täitja, allteemade 1 ja 2 täitja
Rein Kruus	TTÜ Soojustehnika instituudi dotsent, PhD	Allteema 4 vastutav täitja, allteema 1 ja 2 täitja
Üllas Ehrlich	TTÜ Majandusuuringute teaduskeskuse teadur, PhD	Allteema 5 vastutav täitja
Inge Roos	TTÜ Soojustehnika instituudi teadur	Allteemade 5 ja 6 koordinaator, allteemade 1, 2, 5 ja 6 täitja
Maria Habicht	SA Archimedes, 7. raamprogrammi energia programmikomitee Eesti delegaat	Allteema 6 vastutav täitja
Allan Nurk	Tartu Ülikooli Tehnoloogiainstituudi vanemteadur, PhD	Allteema 7 vastutav täitja
Sulev Soosaar	TTÜ Soojustehnika instituudi teadur	Allteemade 1, 2 ja 5 täitja, energiapoliitika, õigusaktide ja majandushoobade küsimustes täitja või konsultant kõigi allteemade osas
Arvi Poobus	TTÜ Soojustehnika instituudi dotsent, PhD	Allteema 2 täitja
Livia Kask	TTÜ Soojustehnika instituudi teadur, MSc	Allteema 3 täitja
Siim Link	TTÜ Soojustehnika instituudi doktorand, MSc	Allteema 3 täitja
Stanislav Lomunov	TTÜ Soojustehnika instituudi magistrand	Allteema 3 täitja

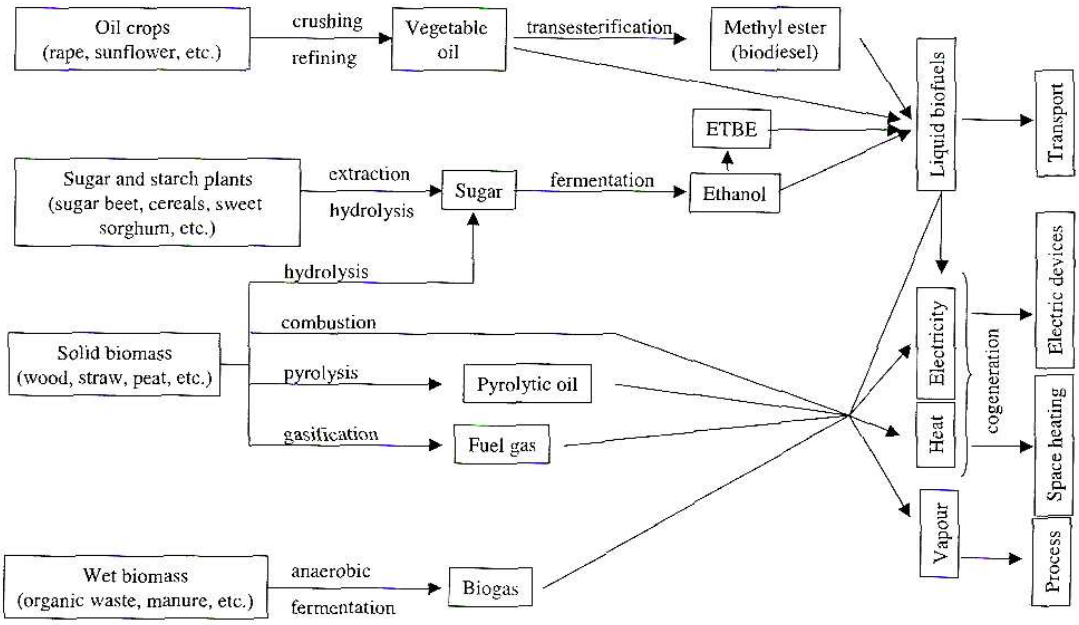
Mariliis Sihtmäe	TTÜ Keemiateaduskonna doktorand	Allteema 3 täitja
Anne Menert	TTÜ Keemiainstituudi vanemteadur	Allteema 3 täitja
Iige Brempel	TTÜ Soojustehnika instituudi infospetsialist	Allteemade 1 ja 2 täitja

1. BIOMASSI TOOTMISE JA ENERGEETILISE KASUTAMISE TERRITORIAALNE PLANEERIMINE (TOOTMISALADE TSONEERIMINE JA SOBITAMINE PEAMISTE KASUTUSKOHTADEGA)

1.1. Ülevaade biomassi energiaks muundamise viisidest ja tehnoloogiatest

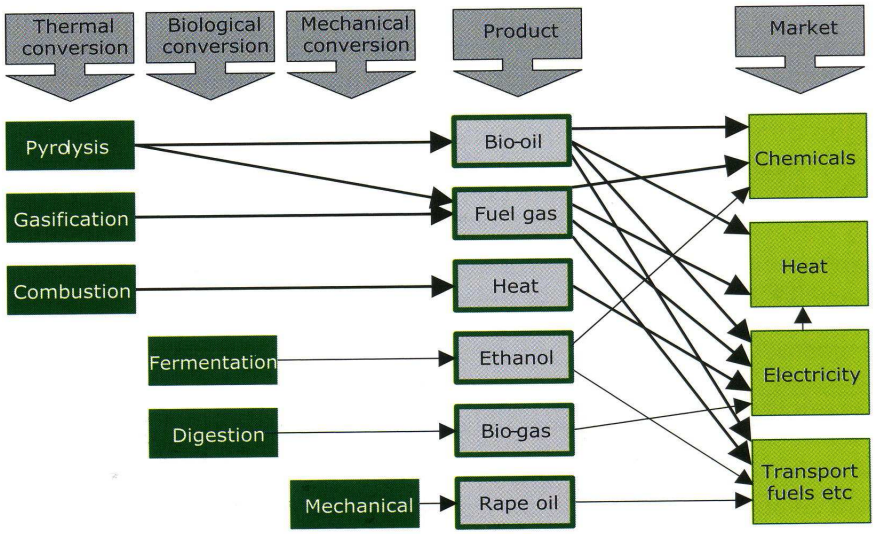
Biomassist energia saamisel on väga palju tehnoloogilisi võimalusi (vt Joonis 1.1 [1] ja Joonis 1.2 [2]), mida võib lähtebiomassist grupeerida järgmiselt:

- õlitaimedest (raps, päevalill jt) taimeõli ja edasi biodiiselkütuse tootmine, saagiseks on seega eelkõige transpordi jaoks vedelate biokütuste tootmine, mille tehnoloogiad käsitletakse peatükis 4;
- suhkrurikastest põllukultuuridest (suhkrupeet, suhkruroog jt) bioetanooli, st vedelate biokütuste tootmiseks, mida samuti käsitletakse peatükis 4;
- tahkest biomassist (puit, õled, turvas jne) energia tootmine. Pärast hüdrolüüsimist on võimalik ka sellest toorainest bioetanooli saada. Käesolevas aruande osa vaadeldakse ainult neid tehnoloogiaid, mis on seotud soojuse ja/või elektri tootmisega;
- märjast biomassist (orgaanilised jäätmed, läga, kanalisatsioonivee settemuda jne) biokeemiliselt biogaasi tootmine, mida saab kasutada nii soojuse ja elektri tootmiseks, kui transpordikütusena. Biogaasi tootmise tehnoloogilisi võimalusi vaadeldakse peatükis 3.



Joonis 1.1. Biomassi energiaks muundamise tehnoloogilised võimalused[1]

Käesolevas aruande osas vaadeldakse tahke biomassi põletustehnoloogiaid (punkt 1.1.19 ja termokeemilist töötlemist, st biomassi gaasistamist (punkt 1.1.2). Tahkest biomassist saadav pürolüüsiõli rakendatakse põhiliselt mitteenergeetilistel eesmärkidel.



Joonis 1.2. Biomassi energiaks muundamise tehnoloogilised viisid, produktid ja tururakendused [2]

1.1.1. Biomassi põletusviisid ja tehnoloogiad

Tahke biomassi põletustehnoloogiate valdkonnas puudub ühtne süstemaatiline käsitlus. See on ka loomulik, sest igas maailma piirkonnas on erinevad nii kasutav biomass, selle põletamise eesmärgid kui ka põletamise eesmärgid.

Eestis on pikad puidu kütusena kasutamise traditsioonid. Suur osa puitkütustest kasutatakse väikemajapidamistes (vt punkt 1.2), st ahjudes, pliitide, kaminates, väikekateldes ja saunaahjudes. Kahjuks puudub Eestis praegu hea ülevaade kasutatavate väikepõletusseadmete tegelikust tehnoloogilisest tasemest.

Eelmise sajandi üheksakümnendatel aastatel algas pärast umbes neljakümneaastast vaheaega uuesti puidu kasutamise katlakütusena, eelkõige kaugküttekatlamajades, vähemal määral ka lokaalküttekateldes. Ülevaate Eestis ja Balti mere äärsetes maades perspektiivsete kaugküttekatlamajades sobivate põletusviiside ja tehnoloogiate kohta on toodud käsiraamatus [3]. Käesolevas aruandes püüame enam tähelepanu pöörata sellistele põletusviisidele, kus oleks võimalik põletada ka rohtset biomassi.

Tinglikult võime biomassi põletamisviise sõltuvalt kütuse omadustest, seadme kasutus-otstarbest ja võimsusest ning tehnoloogilistest iseärasustest jaotada järgmistesse gruppidesse:

- ahjud ja kaminad, kus kütusena kasutatakse enamasti halupuid ja briketti;
- väärindatud biokütuste (eelkõige pelletid) põletusseadmed;
- väikekatlad, st põhiliselt üheperemaja jaoks rakendatavad katlad, kus kütustena kasutatakse näiteks halupuid, briketti, tükkturvast;
- restpõletuskatlad, mis leiavad rakendamist eelkõige küttekatlamajades, põhikütusteks on hakkpuid, kuid teatud juhtudel võib seal kasutada ka turvast ja rohtset biomassi;
- keevkihttehnoloogial põhinevad põletusseadmed, kus on võimalik põletada väga mitmesuguste kütuseid, sh kütuste segukütuseid;
- tolmpõletamine, mida praktikas rakendatakse suhteliselt harva, näiteks lihvimisel tekkiva puidutolmu põletamiseks, sageli koos fossiilkütusega;

- eriotstarbelised põletusseadmed, mis on konstrueeritud mõne spetsiifiliste omadustega kütuse põletamiseks või utiliseerimiseks.

Kuna enamik biomassi põletustehnoloogiaid baseerub restpõletamisel, siis on otstarbekas alustada ülevaatega restpõletusest.

1.1.2. Biomassi gaasistamine

Tahkete kütuste, sh ka biomassi gaasistamise eesmärgiks on tavaliselt raskestikasutatavate kütuste muundamine gaaskütuseks, mille rakendamisel on märksa avaramad võimalused. Gaasistamist võib käsitleda ka kui astmelist põletamist, sest mistahes lendosaderikka kütuse põletamisel esmalt eraldub lendaine ning selle põlemisel vabaneb põhiline osa kütuse energiast. Gaasistatud biokütust kasutatakse enamasti põletusseadmetes, seega erinevuseks otsepõletamisest on asjaolu, et gaasistatud kütus põletatakse eraldi seadmetes.

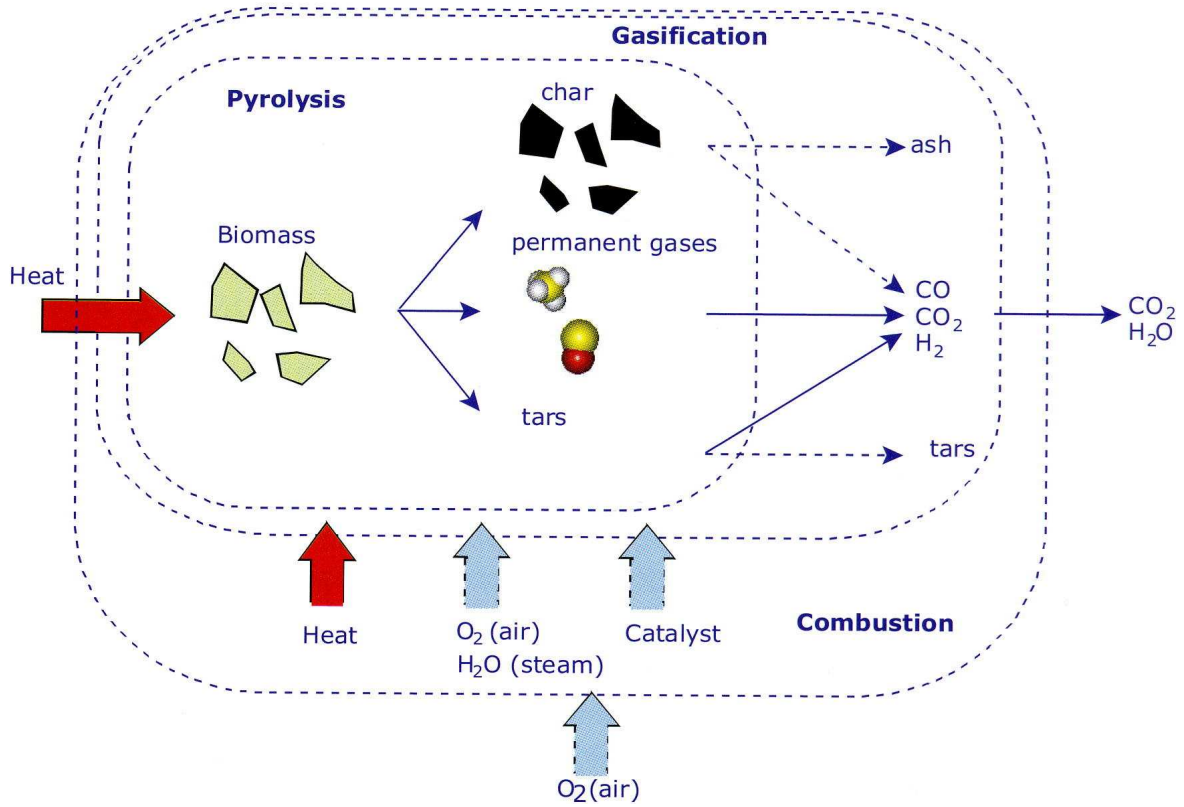
Gaasitamise eelisteks peetakse [4]:

- torustike kasutamist kütuse transpordiks;
- protsessi pidevus ja lihtne juhtimine;
- puhas põlemine, sest ebasoovitavad lisandid eemaldatakse gaasistamise protsessis;
- põlemise kõrge efektiivsus, sest gaaskütuse põletamisel on õhu ja kütuse segunemine optimaalne;
- toodetud gaasi on võimalik rakendada sisepõlemismootorites ja gaasiturbiinides, seega paranevad tingimused elektri saamiseks võrreldes aurutsükliga;
- toodetud gaasi või süngaasi on võimalik kasutada keemiatööstuse toorainena (näiteks väetiste tootmisel) ja transpordikütusena.

Esimesed praktilised kütuse gaasitamise katsed algasid umbes 1860. aasta paiku. Siis oli gaasistamise eesmärgiks valgustusgaasi tootmine. Tõsisem huvi gaasistamise vastu algas pärast esimest energiakriisi aastal 1973 ja huvi süveneb koos kütuste ja energia hindade kasvuga ning uute biokütuste rakendusvõimaluste otsimisega.

Kütuse gaasistamise protsess koosneb tinglikult järgnevatest etappidest (vt Joonis 1.3 [5]):

- kütuse pürolüüs (tahke kütuse muundamine gaasiks, kondenseeritavateks aurudeks ja tahmaks, st puhta süsiniku osakesteks);
- järgnev aurude termiline krakkimine veeauru või süsinikdioksiidi toimel gaasiks ja tahmaks;
- tahma gaasistamine veeauru või süsinikdioksiidi toimel;
- põletatava gaasi, aurude ja tahma osaline oksüdeerumine.



Joonis 1.3. Skemaatiline gasifitseerimise esitlus kui üks kütuse termilise muundamise viis

Biokütuste omadused määravad ära kütuse käitumise gaasitamise protsessis. Kõige enam mõjutavad gaasitamise protsessi järgmised kütuse omadused [6]:

- niiskusesisaldus;
- tuhasisaldus ja –koostis;
- elementaarkoostis;
- küttevääртus;
- mahukaal ja morfoloogia;
- lendainesisaldus;
- muud kütuse komponendid, näiteks N, S, Cl, leelismetallid, raskmetallid jm.

Gaasitusreaktorite tehnoloogilisi lahendusi ja konstruktsioone käsitles Villu Varese ettekanne Pühajärve seminaril, mis on kättesaadav veebilehelt www.bioenergybaltic.ee.

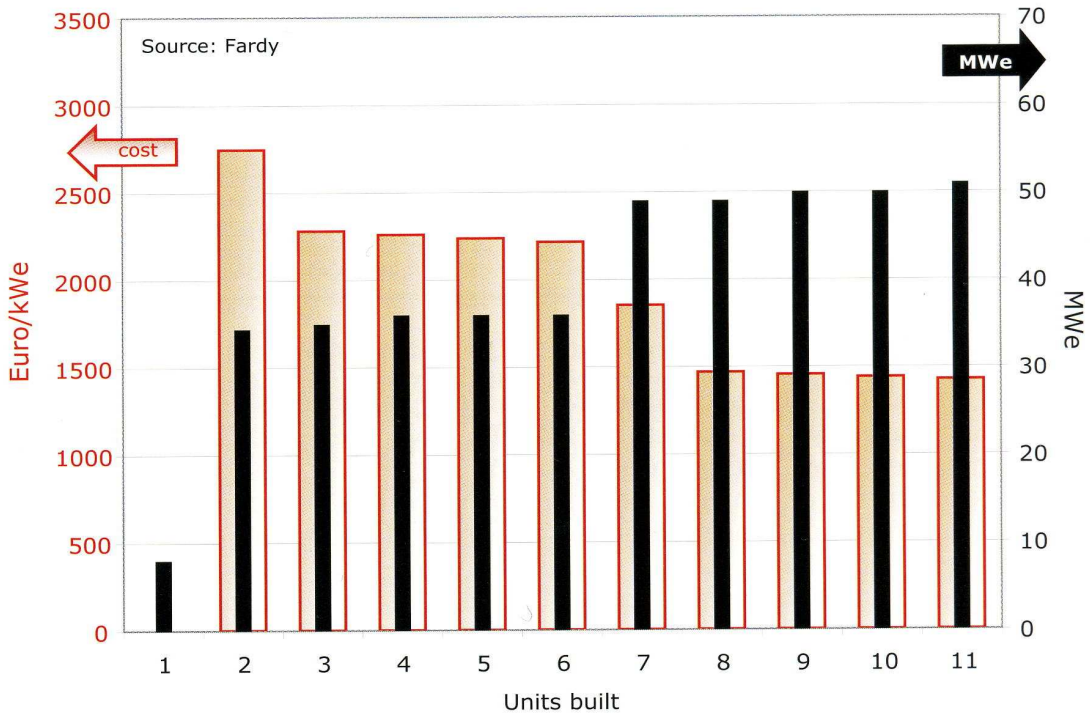
1.1.3. Biomassi gaasistamise majanduslik otstarbekus

Biomassi gaasitamise senine piiratud levik on otseselt seotud majanduslike riskide ja põllumajandus- ning energiapoliitikaga. Siiski võib selle tehnoloogia positsiooni energia-tehnoloogiate turul käsitleda kommertslahenduse eelsena või selle lähedasena. Seega sellise tehnoloogia massiline juurutamine tulevikus võib osutuda üsna tõenäoliseks.

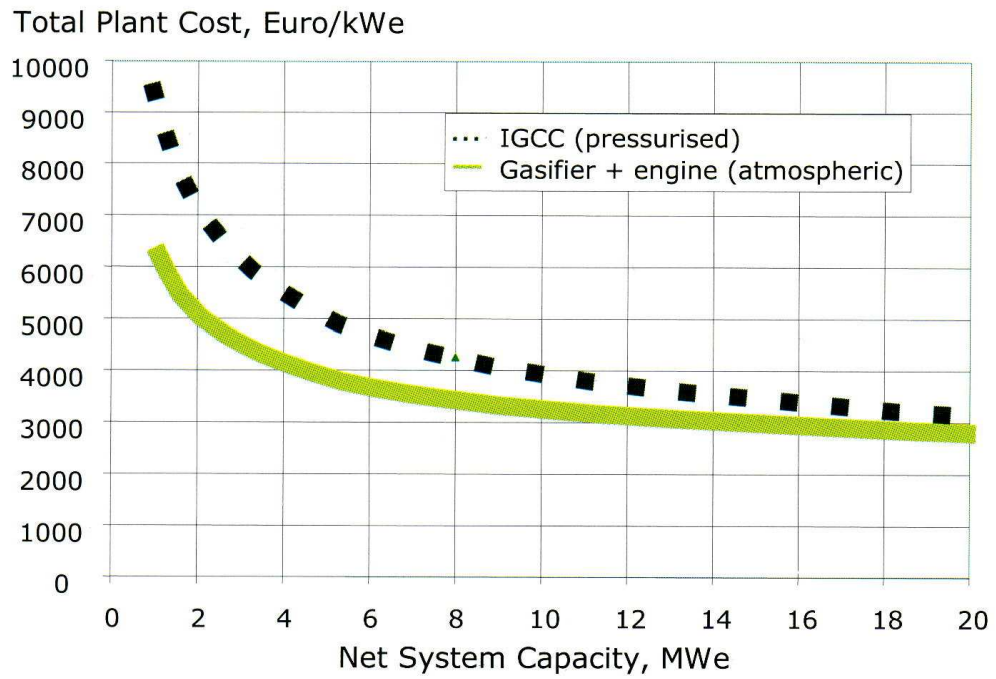
Eelkõige võib gaasistamise potentsiaalse rakenduse näha elektri tootmist, sest biokütusest toodetava elektri jaoks on paljudes maades (sh ka Eestis) rakendatud kõrgendatud võrkuostuhinnad ja muud soodustused.

Majandusliku tasuvuse analüüsimisel on esmaseks ülesandeks investeeringu hindamine. Investeeringute suuruse kohta on andmeid piiratult ja neid on väikese seadmete arvu tõttu tagasihoidlikult analüüsitud. Üks teadaolev hinnang on esitatud järgneval joonisel (vt Joonis 1.4 [7]). Joonisel on toodud 11 seadme eriinvesteeringud ja ühikvõimsused. Kui välja jätta üks väikeseade, mis oli ilmselt rajatud katseseadmena, siis ülejäänute võimsus on vahemikus 34 – 51 MW_{el}, kusjuures eriinvesteeringud on vahemikus 1400 – 2700 EUR/kW_{el}, kusjuures oodatavaks tasemeks peetakse kuni 1500 EUR/kW_{el}.

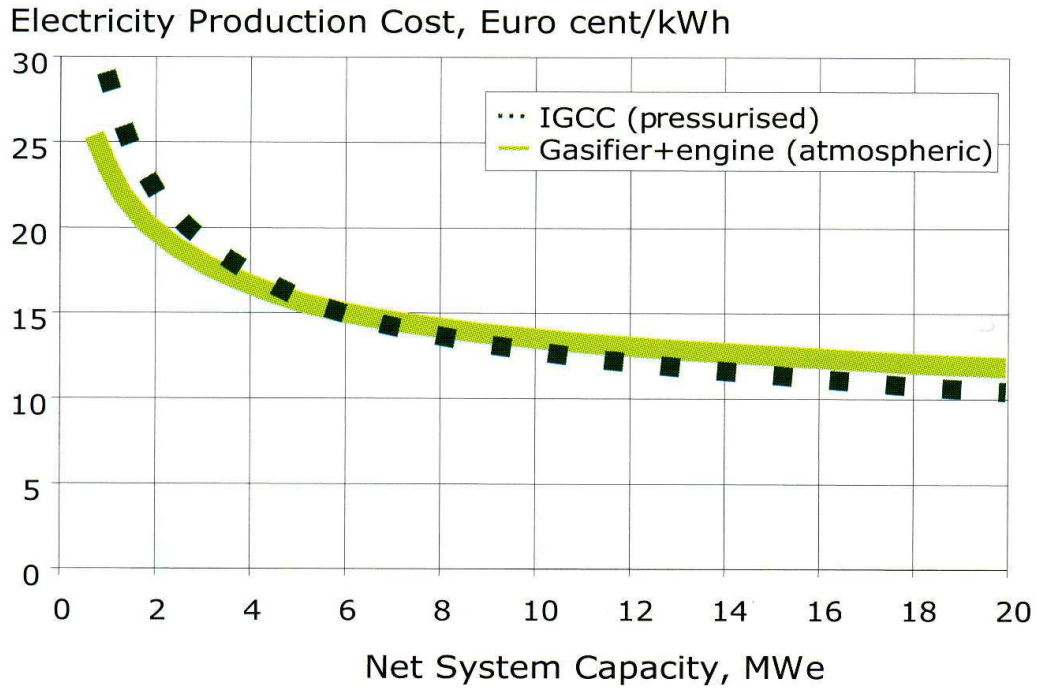
Oma varasemate andmete alusel [8] on Suurbritannias Birminghamis töötav uurija A.V.Bridgwater arvutanud eriinvesteeringute suuruse arvestusliku elektri tootmishinna sõltuvused seadme võimsusest (vt Joonis 1.5 ja Joonis 1.6). Tema hinnangul on investeeringute tase märksa kõrgem ja toodetava elektri omahind üle 20 Eurosendi/kWh (st üle 3 EEK/kWh)



Joonis 1.4. Gaasistatud biomassil töötavate kombineeritud tsükliga (gaasi+auruturbiin) elektritootmisseadmete investeeringud



Joonis 1.5. Biomassist saadud gaasil töötavate elektritootmisseadmete investeeringute tüüpilised erimaksumused



Joonis 1.6. Biomassist saadud gaasil töötavate elektritootmisseadmetega toodetava elektri tüüpiline omahind

1.1.4. Soojuse ja elektri koostootmise võimalused biomassi baasil

Soojuse ja elektri koostootmiseks biomassi baasil on mitmeid termodünaamiliselt erinevaid võimalusi:

- Aurutsükli baasil koostootmine, mille korral elektrilise ja soojusvõimsuse suhe sõltub tugevasti auru parameetritest. Kuna väiksemates seadmetes pole kõrge auru rõhu kasutamine tehniliselt keeruline ja kallis, siis on elektrilise võimsuse osatähtsus võrreldes soojuslikuga umbes 20 – 25% või väiksem.
- Suurema elektrilise võimsuse soojuslikuga võrreldes (ca 45%) annaks biomassi gaasistamine ja energiaks muundamine kas gaasimootori või gaasiturbiini abil (vt lõik 1.1.3 ja Tabel 1.1). Selle lahenduse laialdast rakendamist takistab siiani tehnoloogia kõrge maksumus ja tehnilised probleemid gaasi puhastamisel.

Tabel 1.1 Kuni 3000 kW_e võimsusega elektrienergiat ja soojust koostootvate seadmete põhimõttelised karakteristikud

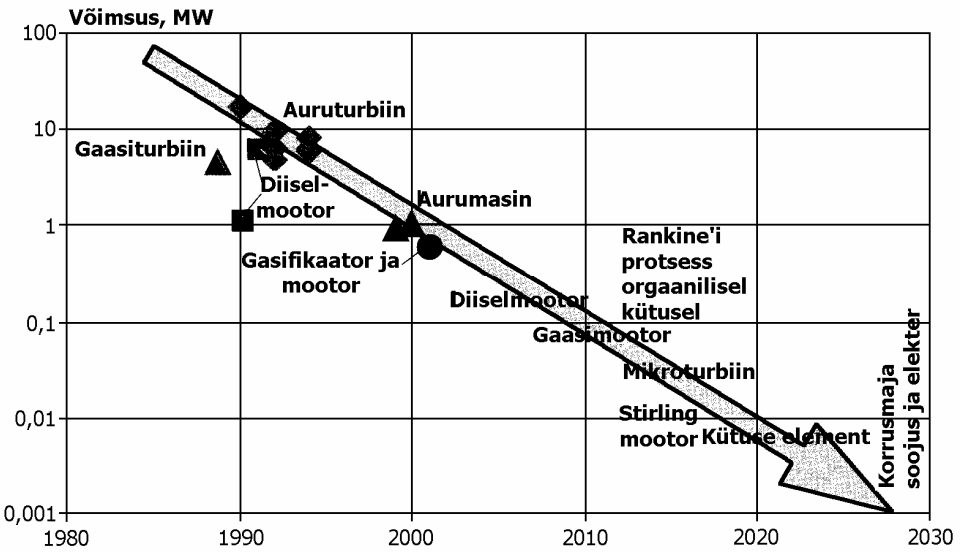
	Gaasiturbiin	Diiselmootor		Otto mootor	
Ühikvõimsus	0,5-3 MW	kuni 1 MW	üle 1 MW	kuni 0.5 MW	üle 0.5 MW
p /min	50 000-14 000	1 500	1 000	1 500	1 000
Soojus/elektrienergia	2,5-3,6 1,9-2,3	1,4-1,5	1,1-1,3	1,4-1,7	1,2-1,5
Elektriline kasutegur %	15-27	35-36	36-37	32-34	33-35
Soojuskasutegur %	43-55 50-59	50-53	50-52	51-55	51-55
Kogukasutegur %	58-70 77-86	85-89	86-89	83-89	84-90
Soojus: madalatemperatuuriline % kõrgetemperatuuriline %	 - 100	 62-65 35-38	 54-57 43-46	 42-52 48-58	 42-45 55-58
Kütus	maagaas või biogaas	diisel-kütus	diisel-kütus	maagaas	biogaas
Tunde kapitaalremondini	20 000 40 000	25 000	45 000	35 000	55 000

Soojuse ja elektri koostootmise tehnoloogiate areng on muutnud majanduslikult otstarbekaks selle energiamuundamise viisi kasutamise üha väiksemate võimsuste korral (vt Joonis 1.8). Uute koostootmistehnoloogiate jõudmine kommertskasutusse (st majanduslikult otstarbekate rakendusteni) võib ennustuste kohaselt aset leida viie kuni kümne aasta pärast. Selliste tehnoloogiate hulka võiksid kuuluda näiteks mikroturbiin ja Stirling mootor, kusjuures kütuseelementide laialdast kasutamist julgetakse prognoosida mitte enne aastat 2020.

Uute perspektiivsete tehnoloogiate ühiseks jooneks peaks olema suhteliselt kõrge elektri-toodangu osatähtsus võrreldes soojustoodanguga.

Järgnevates tabelite (vt Tabel 1.2 ja Tabel 1.3) on kirjanduse andmeil toodud mõned koostootmise seadmeid iseloomustavad parameetrid, millest biokütuste baasil koostootmise arendamise perspektiivsuse seisukohalt mängib erilist rolli elektri ja soojuse suhe.

Arvestades hindade märgatavat tõusu võrreldes 1998. aastaga, tuleb refereeritud eri-investeeringutesse (vt Tabel 1.3) suhtuda kriitiliselt ning arvestada vähemalt 20 – 30% suuremate investeeringutega.



Joonis 1.7. Koostootmisjaamade rajamisel rakendatavate tehnoloogiliste lahenduste ja ühikvõimsuste arenguperspektiivid

Allikas: Teolisuuden energiakatsaus 1/2002. Energy visions 2030 for Finland.

Tabel 1.2. Koostootmisseadmete töö parameetrid

Süsteem	Elektriline võimsus MW	Aastane kasuta-tavus, %	Elektriline kasutegur eri koormustel, %		Kogu-kasutegur %	Elekter/ Soojus suhe
			100%	50%		
Auruturbiin	0,5-100	90-95	14-35	12-28	60-85	0,1-0,5
Gaasiturbiin	0,1-100	90-95	25-40	18-30	60-80	0,5-0,8
Diiselmootor	0,07-50	80-90	35-45	32-40	60-85	0,8-2,4
Otto mootor	0,015-2	80-85	27-40	25-35	60-85	0,5-0,7
Kütuseelement	0,04-50	90-92	37-45	37-45	85-90	0,8-1,0
Stirling mootor	0,003-1,5	85-90	35-40	34-49	60-80	1,2-1,7

Tabel 1.3. Mõned koostootmise tehnoloogiate tehnilised ja majanduslikud näitajad

Tehnoloogia	Gaasi-turbiin	Gaasi-mootor	Turvas, aurutsükkel	Puiduhake, aurutsükkel
CO_2 emissioon, kg/GJ	57	57	0	0
SO_2 emissioon, kg/GJ	0	0	0,1	0,02
NO_2 emissioon, kg/GJ	0,05	0,14	0,1	0,05
Ehitusaeg	1,5	1	2,5	2
Investeering, tuh EEK/MW_{el}	7-14	14-16,5	25-29	25-29
Ekspl. ja hooldus, (% investeeringust)	3	5,6	1,2	1,2
Eluiga	25	22,5	25	25

* Kõik tabelis toodud suurused olenevad seadmete ühikvõimsustest; siin on toodud keskmised väärtused.

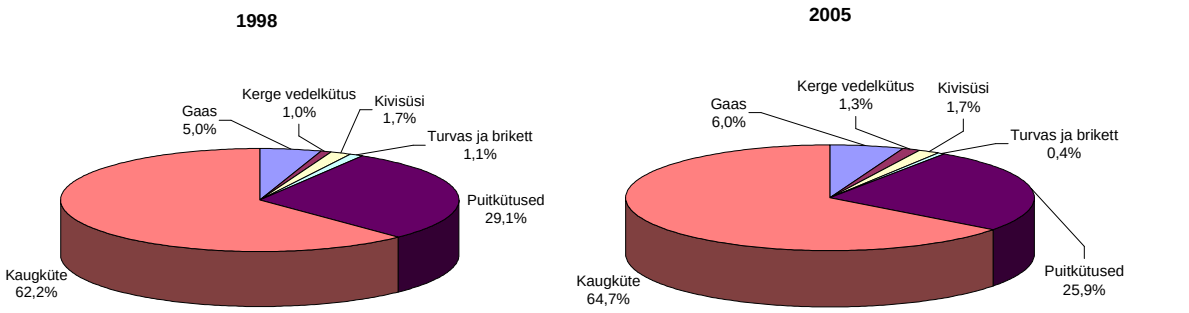
** Aastane töötundide arv: 4500 soojusele ja 5300 tundi elektrile kombineeritud tsükliga ja kivisöe elektrijaamas, kus kasutatakse soojuse väljastamiseks auruturbiini vaheltvõtte, 4500 tundi teistele tehnoloogiatele. Turba, puiduhakke ja kombineeritud tsükliga koostootmiselektrijaama puhul eeldatakse vasturõhuturbiinide kasutamist.

Allikas: O. J. Olsen; J. Munksgaard. Gogeneration, Denmark, 1998.

Kaugkütteks kasutatavate koostootmise seadmete töö efektiivsust piirab soojuskoormuse muutus vastavalt muutuvatele välisõhu parameetritele ja sooja tarbevee kasutamise ebakorrapärasusele s.o soojuskoormuse graafik. Elektrilist täisvõimsust on vaja hommikuse ja õhtuse tippkoormuse ajal. Mõningatel juhtudel on otstarbekas vähendada ekspluatatsiooni-personali töötades ainult ühes või kahes vahetuses. Kui soojussalvesti katab 5-tunnilise maksimaalse soojuskoormuse, siis on võimalik teostada vajalikke remonttöid ilma elektri-energia ja soojuse koostootmise eeliseid sel ajavahemikul kaotamata. Elektrijaama elektrilise võimsuse sõltumatust soojuskoormusest aitab mõningal määral saavutada soojussalvesti (soojusakumulaator).

1.2. Ülevaade Eesti energiatarbimisest

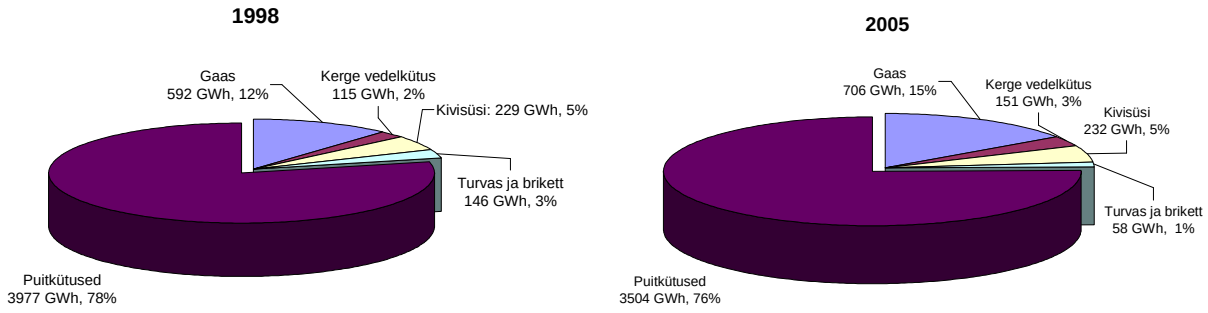
Hoonete kütmiseks kasutatakse kaugküttesoojust ja lokaalküttes kütuseid, kusjuures teatud osa elektrist kulutatakse samuti kütmiseks. Jättes elektrikütte arvestamata ja hinnates kütusekasutuse efektiivsuseks energia saamisel 60 – 70% sõltuvalt kütusest, saaksime ligikaudse energiatarbimise jaotuse hoonete kütmiseks (vt Joonis 1.8).



Kokku 9562 GWh (sh kaugküte 5950 GWh) Kokku 9459 GWh (sh kaugküte 6117 GWh)

Joonis 1.8. Hinnanguline energiatarbe jaotus hoonete kütmiseks aastatel 1998 ja 2005

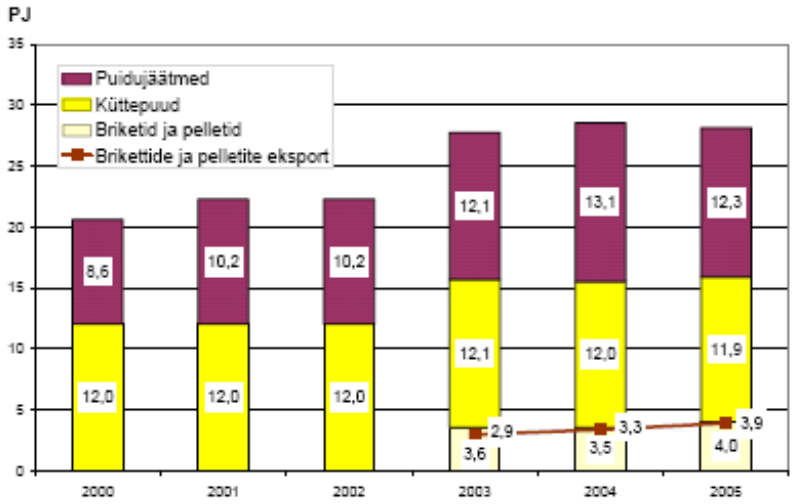
Lokaalküttes kasutatavate kütuste bilansis on väga suur osatähtsus puitkütustel (vt Joonis 1.9). Nagu joonisest nähtub, ületab puitkütuste osatähtsus jätkuvalt üle 75% kogu kütusekasutusest, kuigi väikest langustrendi nii absoluutarvestuses kui protsendis saab välja tuua.



Joonis 1.9. Lokaalkütteks kasutatavate kütuste osatähtsused aastatel 1998 ja 2005

Nagu järgnevalt jooniselt (vt Joonis 1.10) selgub, on põhiliselt katlamajades kasutatavate puidujäätmete (sh ka puiduhake) jäänud alates 2003. aastast suhteliselt stabiilseks, samas on küttepuude (küttepuid, st halupuid, kasutab põhiliselt elanikkond) olnud stabiilne juba väga

pika aja jooksul. Viimane asjaolu näitab, et halupuude tarbimises, seega eratarbimises, pole pika aja jooksul toimunud märkimisväärseid muutusi.



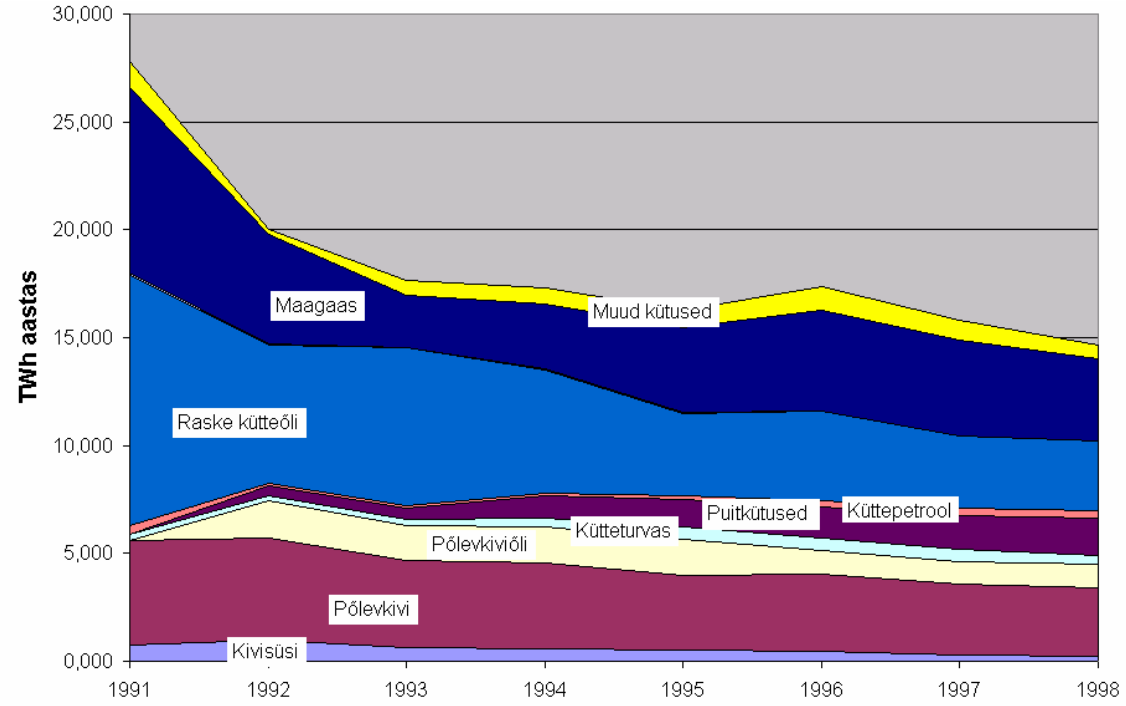
Joonis 1.10. Puitkütuste tootmine ja eksport

Väärindatud puitkütuste tootmine on viimase seitsme kaheksa aasta jooksul kiiresti kasvanud ja alates aastast 2003 kajastab seda ka riiklik statistika. Statistika klassifitseerib pelleteid ja brikette kui primaarenergiat, mis pole põhimõtteliselt õige, sest toorainena kasutatakse saepuru, mida üldiselt käsitletakse puidujäätmetena. Peamiseks põhjuseks on tõenäoliselt see, et statistika ei olnud ka enne brikettide ja pelletite tootmise kajastamist nende kütuste tootmiseks kasutatavat toorainet kütusena arvele võtnud. Seetõttu on aasta 2002 järel toimunud näiliselt järsk puitkütuste summaarse toodangu hüpe tegelikult väiksem, sest varasem puitkütuste toodang ei sisaldanud väärindatud kütuste tooraine koguseid.

Toodetud väärindatud puitkütustest tarbitakse kohapeal vaid tühine osa. Toodetud pelletitest eksporditakse tunduvalt üle 90%, brikettidest siiski vähem. Pelletite tootmise pidev kasv on seotud rahvusvahelise turu suure nõudlusega selle kütuse järele ja kodumaisest kõrgem hinnatase.

1.3. Eesti energiaettevõtted ja nende kütusekasutus

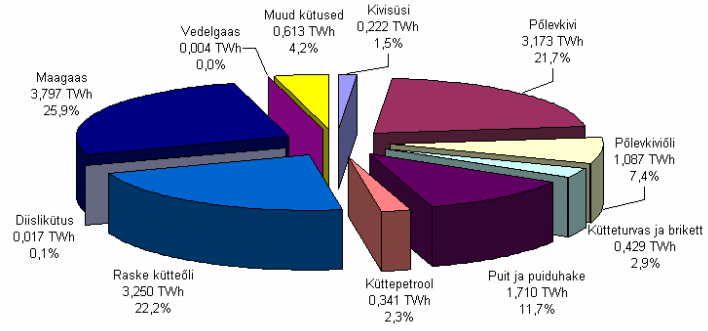
Soojuse tootmisel on toimunud palju suuremad muudatused kui elektri tootmisel (vt Joonis 1.11). Langenud on raske kütteõli ja põlevkiviõli, põlevkivi ning kivisöe kasutamine, tõusnud aga maagaasi, puitkütuste ja turba kasutamine. Viimastel aastatel on suurenenud ka kerge vedelkütuse (küttepetrooli) tarbimine, kuid selle kasvuga võib mingil määral olla seotud ka selle kütuse kvaliteedi tõus ja kasutatavus diiselmootorites. Käeoleval ajal pole kerge vedelkütuse kasutamine mootorikütusena enam lubatud ning soodustused diiselkütuse müügil põllumeestele likvideerisid kerge vedelkütuse põllumajandusmasinates kasutamise põhjused.



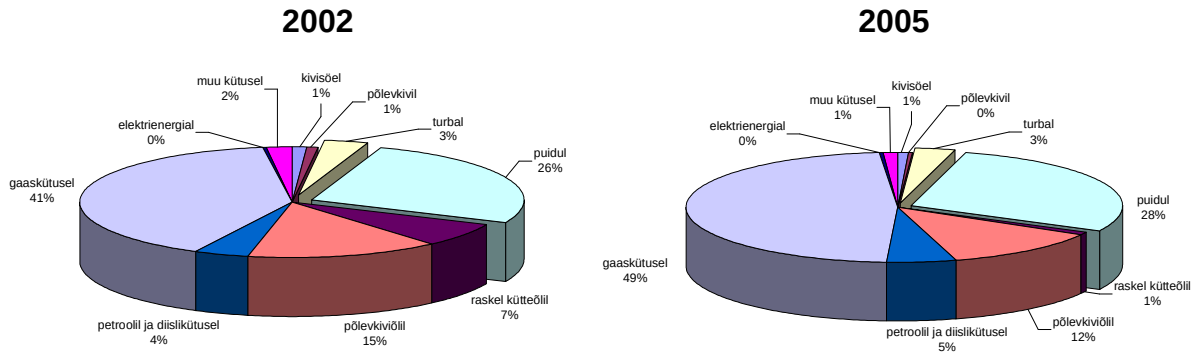
Joonis 1.11 Soojuse tootmiseks kasutatavate kütuste bilanss 1991-1998

Suhteliselt raske on selgitada põlevkivi tarbimise vähenemist soojuse tootmisel, sest just selle kütuse baasil toodetud soojus on kõige konkurentsivõimelisema hinnaga kaugküttesoojus. Ilmselt on siin mõju avaldanud tööstuslike aurutarbijate vähenemine Narvas ja Kohtla-Järvel, võib olla ka kodutarbijate soojuse vahepealne doteerimine tööstustarbijate kõrgema hinna kaudu.

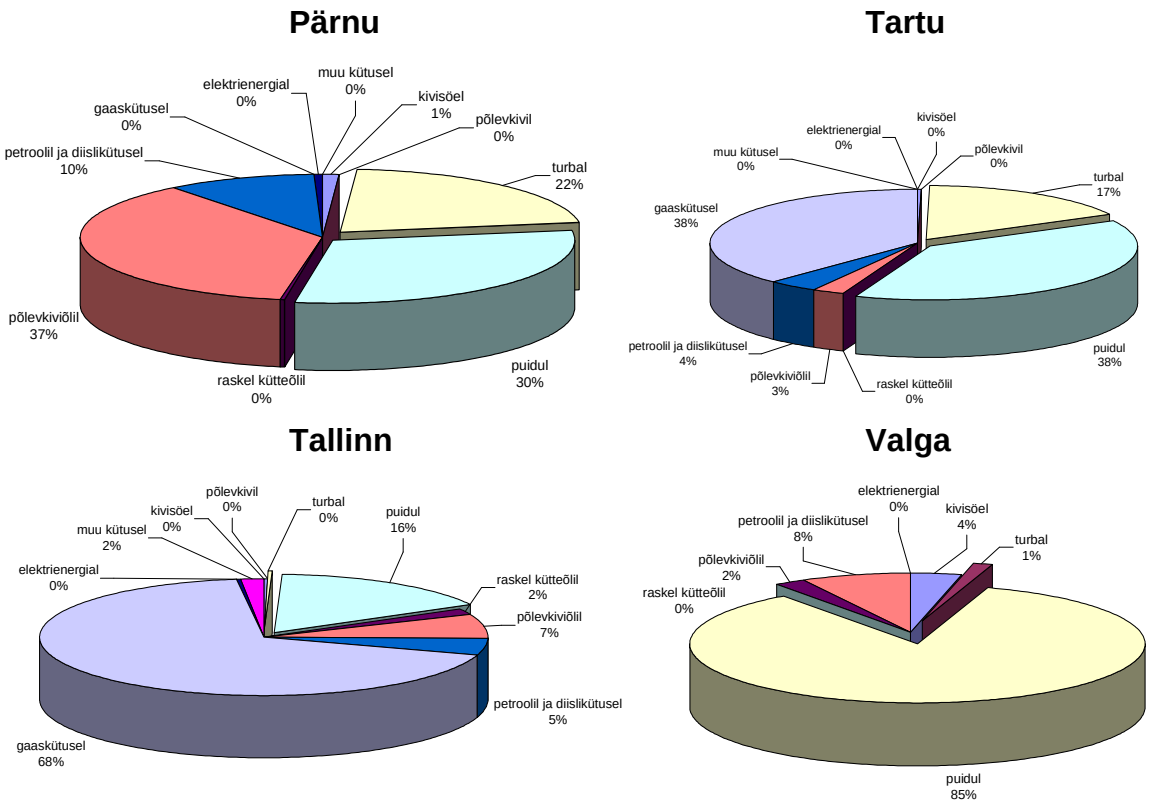
1998. aastaks on kütuste osatähtsus soojuse tootmisel kujunenud järgmiselt (vt Joonis 1.12): rasket kütteõli (masuuti) kasutatakse juba vähem kui maagaasi (vastavalt 22,2 ja 25,9%), põlevkivi osatähtsus on 21,7% puidu ning turba osatähtsused vastavalt 11,7 ja 2,9%. On huvipakkuv märkida just turba ja puidu osatähtsuse märgatavat kasvu ja arvestatavat panust. Seega on nende kütuste kasutuselevõtu projektid olnud suhteliselt õnnestunud. Üldsuse ja ajakirjanduse pessimistlik suhtumine nende kütuste rakendamise majanduslikkusesse näib olema utreeritud. Ilmselt on halvasti planeeritud ja primitiivselt läbiviidud kodumaiste kütuste kasutuselevõtu projektid tekitanud enam ühiskondlikku vastukaja kui eeskujulikult kavandatud, kaasaegse tehnilise lahendusega ja nii organisatsiooniliselt kui majanduslikult edukad projektid.



Joonis 1.12 Soojuse tootmiseks kasutatavad kütused aastal 1998

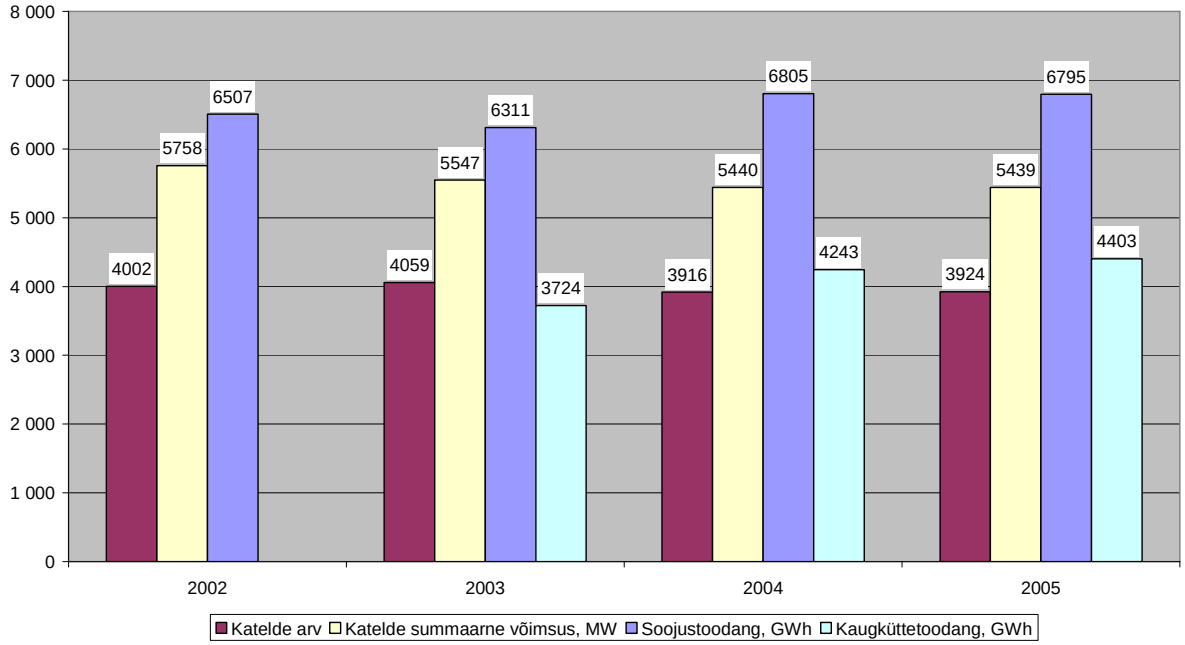


Joonis 1.13. Eesti katlamajades soojuse tootmiseks kasutatavate kütuste struktuur aastatel 2002 ja 2005

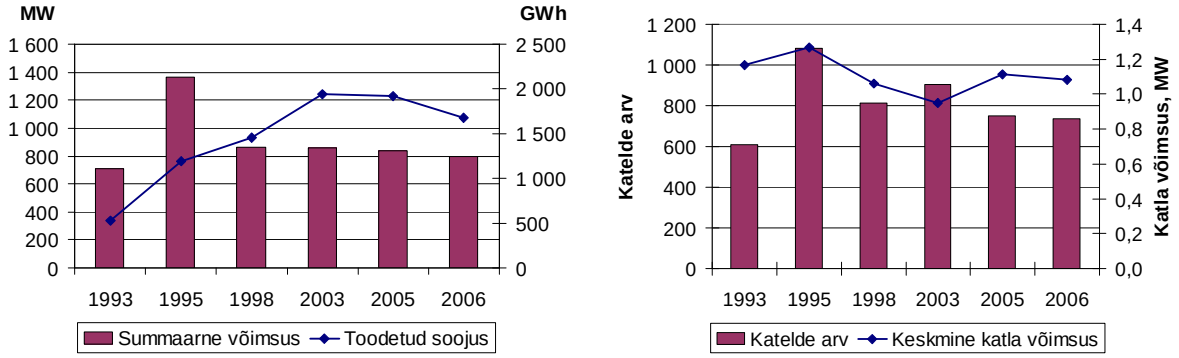


Joonis 1.14. Mõnes Eesti piirkonnas soojuse tootmiseks kasutatavate kütuste struktuur aastatel 2002 ja 2005

Biomassil (praktiliselt siiski ainult puitkütustel) töötavate katelde arv ja summaarne võimsus saavutasid maksimaalse taseme umbes 1995. aasta paiku, hiljem on need näitajad mõnevõrra langenud, kuid soojuse toodang on kuni viimase ajani pidevalt suurenenud ja saavutanud stabiilse taseme alates aastast 2003. Katelde arvu mõningane vähenemine pärast 1995. aastat on põhiliselt seotud asjaoluga, et rida katelde üleviimisi fossiilsetelt kütustelt biokütustele oli lahendatud läbi viidud primitiivselt, tulemus ei vastanud ootustele ja projektid osutusid ebaõnnestunuteks.



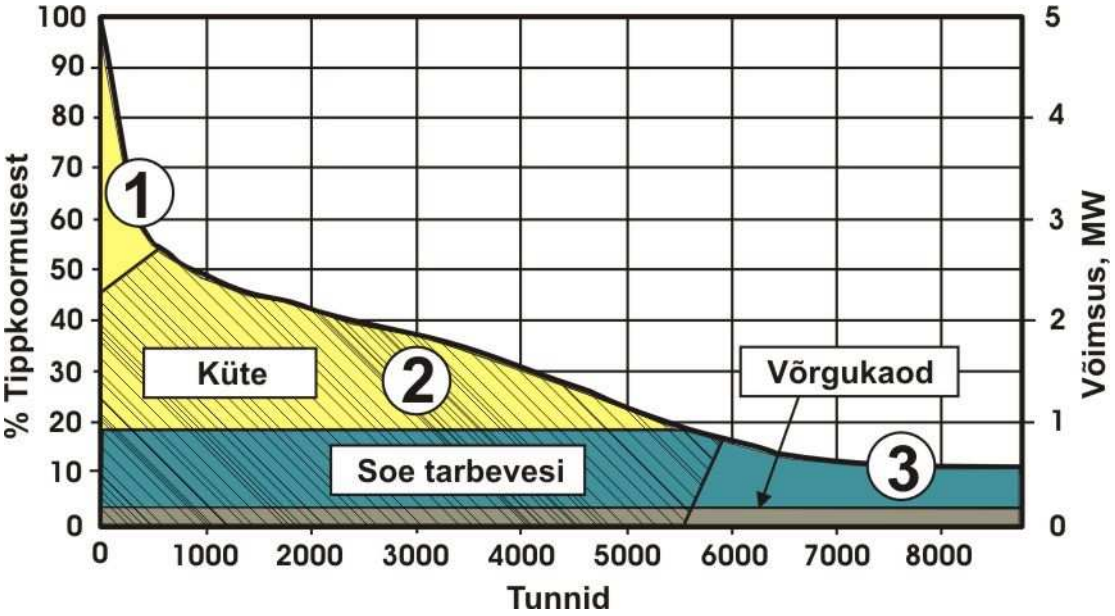
Joonis 1.15. Statistilised andmed katelde kohta Eesti katlamajades



Joonis 1.16. Puitkütustel töötavate katelde arvu, summaarse ja keskmise võimsuse ning soojustoodangu muutumine ajavahemikus 1993 – 2006

Lisaks sellele, et tehnoloogiliselt lihtsustatud lahendus ei võimalda seadmeid normaalselt käitada, on olnud tüüpiliseks veaks liiga suure võimsusega biokütusekatla valimine. Majanduslikult oleks otstarbekas valida biokütusekatla võimsuseks umbes pool küttesüsteemi maksimaalsest koormusest. See võimaldaks biokütuse baasil toota vähemalt 75% kogu vajalikust soojusest. Puudujäävat 50% maksimaalsest võimsusest oleks otstarbekas katta fossiilsel kütusel töötava (tavaliselt raske või kerge kütteõli, ka põlevkiviõli või maagaas) tippkoormusekatlaga. Sellise katla (nn tippkoormusekatla) maksumus on tunduvalt väiksem biokütusekatla omast, kasutatav kütus on küll biokütusest kallim, kuid tippkoormusekatelt vajatakse aastas lühiajaliselt. Järgneval joonisel (vt Joonis 1.17) esitatud tüüpilise kaugküttekoormuste kestuskõvera alune pind on proportsionaalne vajaliku soojushulgaga. Kasutades kallimal fossiilkütusel töötavat (odavamat) katelt lühiajaliselt tippkoormuse katmiseks, peaksime sel viisil tootma suhteliselt vähe soojust ja seade peaks töötama lühikese aja jooksul (soojushulk on proportsionaalne joonisel tähistatud pinnaga 1). Põhilise osa koormusest e nn baaskoormuse (joonisel pind 2) kataksime odavama biokütusega. Suvise

sooja tarbevee koormuse (joonisel pind 3) võib katta kas biokütusekatlaga (kui see on võimeline suvise madala koormuse tingimustes) või tippkoormusekatlaga. Alternatiivina võib suuremates kaugküttesüsteemides olla ka kaks biokütusekatelt, millest üks (tavaliselt väiksem) kataks talvel osa baaskoormusest ja suvel sooja tarbevee valmistamise koormuse.



Joonis 1.17. Kaugküttekatlamaja tüüpiline koormuste kestuskõver

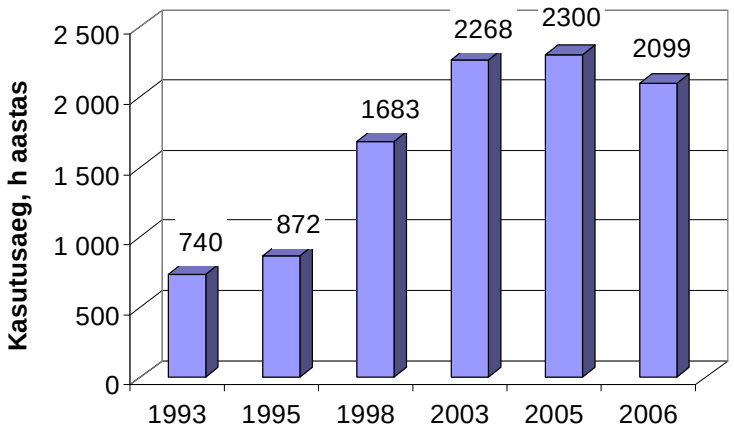
Katelde koormatuse hindamiseks kasutatakse sageli arvestusliku e nominaalkoormusele taandatud kasutusaega:

$$Kasutusaeg(h) = \frac{soojustoodang_aastas(MWh)}{katla_ühikvõimsus(MW)}$$

Majanduslikult on otstarbekas valida biokütusekatel sellise võimsusega, et selle arvestuslik kasutusaeg oleks vähemalt 4000 tundi aastas. Sellist kasutusaega on võimalik saavutada ainult mitme katla (baaskoormusekatel biokütusel ja tippkoormusekatel fossiilkütusel) kasutamisel. Nagu Riikliku Statistikaameti andmetest selgub, on keskmine biokütusekatelde (puitkütuse-katelde) koormatus küll tõusnud, kuid jõudnud siiski ainult 2300 tunnini aastas (vt Joonis 1.18). See viitab asjaolule, et paljud biokütusekatlad töötavad kas ainsa katlana süsteemis, ei ole piisavalt koormatud, on jäetud vahetevahel remondivajaduse tõttu või kütusepuudusel seisma, võib olla ka lihtsalt reservi.

Puitkütustel baasil soojuse tootmise vähenemine ja katelde koormatuse langus aastal 2006 (vt Joonis 1.16 ja Joonis 1.18) võib tuleneda biokütuste hindade kiirest tõusust ja puitkütuste konkurentsivõime langusest. See ohtlik tendents viitab vajadusele iga biokütuste projekti väga põhjalikult analüüsida ja kontrollida kütuse hankimisel tekkida võivad riske senisest põhjalikumalt.

Ajavahemikus 2001 – 2002 viidi Taani Energiaameti rahastamisel läbi uuring Eesti puitkütusekatelde ja teiste kuni 2 MW võimsusega katelde tehnilise seisukorra kohta. Uuringut viisid läbi COWI A/S Taanist koos inseneribürooga EnPro ja TTÜ soojustehnika instituudiga.



Joonis 1.18. Katelde nominaalkoormusele taandatud kasutusaja muutumine ajavahemikus 1993 -- 2006

Mainitud uuring näitas kahjuks seda, et Eesti katlapark on vähemalt kuni 2 MW katelde osas suhteliselt alakoormatud ja seadmete tehniline seisukord sageli ebarahuldav (vt Tabel 1.4). Puitkütusekateldest on hinnanguliselt aktiivses kasutuses umbes 70% kateldest, masuudi- ja põlevkiviõlikateldest 36%, kerge kütteõli kateldest 23%, maagaasi kateldest 37% ja kivisöe-kateldest 25%. Loomulikult on mõtet olemasolevatest kateldest kas renoveerida, ümber ehitada või biokütusekatlaga asendada ainult aktiivses kasutuses olevaid katlaid.

Tabel 1.4. Katelde renoveerimisvajaduse hinnang (2002)

Põhikütus	Oodatav kasutusaeg, h/a	Aktiivselt kasutatavaid võrreldes koguarvuga[1]	Eri-investeeringute hinnang, MEEK/MW	Kommentaarid
Puit ja turvas	3325	70%	2,0	Osaliselt baaskoormust kandvad, osaliselt ainsad katlad süsteemis
Masuut ja põlevkiviõli	2650	36%	0,5	
Kerge kütteõli	2650	23%	0,4	Põhiliselt ainsad katlad süsteemis
Maagaas	2650	37%	0,3	
Kivisüsi (üksikjuhtudel ka põlevkivi)	2650	25%	4,0	Põhiliselt ainsad katlad süsteemis, võiks asendada biomassil töötavate või turbakateldega

[1] – Eeldatakse, et ainult normaalse kasutusajaga töös olevad katlad renoveeritakse. Ülejäänud kas jäävad reservi või demonteeritakse

Käesoleva töö raames koondatud andmed[1] ja täiendavad küsitlused andsid võimaluse järeldada, et käesoleval ajal (2007. a) on katelde olukord praktiliselt sama, mis 2001 – 2002.

[1] koondatud on andmed 682 katlamaja ja 1408 katla kohta, millest puidukatlaid on 492 ehk 65% kõigist ESA väljaandes *Energiabilanss 2006* märgitud puidukateldest

aastal. Seetõttu võib nimetatud uuringust refereerida veel ka renoveerimise või katelde asendamise oodatavad tulemused katelde efektiivsuse suurenemise osas (vt Tabel 1.5). Tabelist nähtub, et praktiliselt kõik kivisöekatlad on moraalselt ja füüsiliselt vananenud käsitsiteenindamisega katlad ja tuleksid tingimata asendada, kusjuures otstarbekaks võiks pidada üleminekut mõnele puitkütusele. Kui kivisöekatel asendada pelletikatlaga, siis saaksime loobuda katlakütjatest ja katla tööprotsessi saaksime korraldada automaatselt juhitavaks.

Tabel 1.5. Renoveerimise tulemusena oodatav katelde kasuteguri tõus

Kütus	Kasutegur statistika järgi	Oodatav kasutegur	Oodatav kasuteguri tõus
Puit ja turvas	81,2% (70%)[1]	75%	5,0%
Masuut ja põlevkiviõli	77,6%	85%	7,4%
Kerge kütteõli	78,8%	88%	9,2%
Maagaas	90,0%	91%	1,0%
Kivisüsi (ja põlevkivi)[2]	61,6%	75%	13,4%

[1] –Statistiliste andmepõhjal arvutatud puidu- ja turbakatelde kasutegurid on ebareaalsed, sest enamikus katlamajades ei mõõdeta nii katelde kütusekasutust kui energiatoodangut. Vastavalt mõõtmistulemustele võib hinnata üle 2 MW võimsusega katelde kasuteguriks 70 – 75% ja kuni 2 MW võimsusega katelde kasuteguriks 66 – 70%.

[2] –Tahkekütusekatlad, kus põhiliselt põletatakse kivisütt, on reeglina nii moraalselt kui füüsiliselt vananenud käsitsiteenindamisega katlad, mis tuleks asendada uute, soovitavalt biokütustel kateldega.

Taani Energiaameti uuringu põhjal võime veel ligikaudselt hinnata katelde kaasajastamiseks ja/või asendamiseks vajalikku investeeringute mahtu (vt Tabel 1.6). Andmetest nähtub, et minimaalselt on vaja teha kulutusi kergekütteõli katelde renoveerimiseks. Tõenäoliselt võiksid paljud kivisöe- ja osa masuudi ning põlevkiviõlikateldest asendada biokütuste kateldega. Kõigele vaatamata tuleks suur osa kulutustest teha olemasolevate puidukatelde kaasajastamiseks ja renoveerimiseks, mille tulemusena saaks parandada nii nende kasutegurit kui parandada automatiseerituse taset ja vajadusel ümber korraldada ka nende katelde roll küttekoormsute katmisel.

Tabel 1.6. Hinnanguline investeerimisvajadus katelde renoveerimiseks (MEEK/a)

Kütus ->	**Puit& turvas**	**Masuut & põlevkivi õli**	**Kerge kütteõli**	**Maagaas**	**Kivisüsi & põlevkivi**	**Kokku**
Renoveerimisperiood, aastat	**Eriinvesteeringud, MEEK/MW**					
	2	1	0,4	0,3	4	
10	116	53	4	30	18	**222**
15	77	36	3	20	12	**148**
20	58	27	2	15	9	**111**
25	46	21	2	12	7	**89**
Vajadus kiireks renoveerimiseks (% normaalselt koormatud kateldest)	**386 (40%)**	**107 (40%)**	**16 (40%)**	**74 (25%)**	**184 (100%)**	**767**

1.4. Uute potentsiaalsete biomassi kasutavate katlamajade ja koostootmisjaamade rajamise võimalused

Uute biomassi kasutavate energeetiliste võimsuste rajamine on otstarbekas järgmiste tingimuste täitmise korral:

- lähikonnas on olemas piisav soojuskoormus ja koostootmise korral tingimused elektri müümiseks võrku või konkreetsele tarbijale;
- on olemas nõutav biomassi ressurss;
- majanduslikud arvutused näitavad projekti tasuvust, kusjuures teatud tingimustel saab loota ka investeeringutoetustele (ühisrakendusprojektid, toetused fondidest, jm);
- sobiv jaama asukoht, kohaliku omavalitsuse ja piirkonna elanike/asutuste toetus ettevõtmisele;
- entusiastlike projekti liidrite olemasolu jne.

Nii biomassil töötava katlamaja kui koostootmisjaama kavandamisel on lisaks soojus-koormuse olemasolule tähtis ka koormusgraafik, mis peab võimaldama saavutada majandusliku tasuvuse jaoks piisava suvise koormatuse.

Siinkohal on analüüsitud kahe võimsusega koostootmisjaama rajamise majanduslikku tasuvust, kasutades vastavat mudelarvutuse skeemi EXCEL'I baasil. Mõlema hinnangu korral kasutati järgmisi algandmeid:

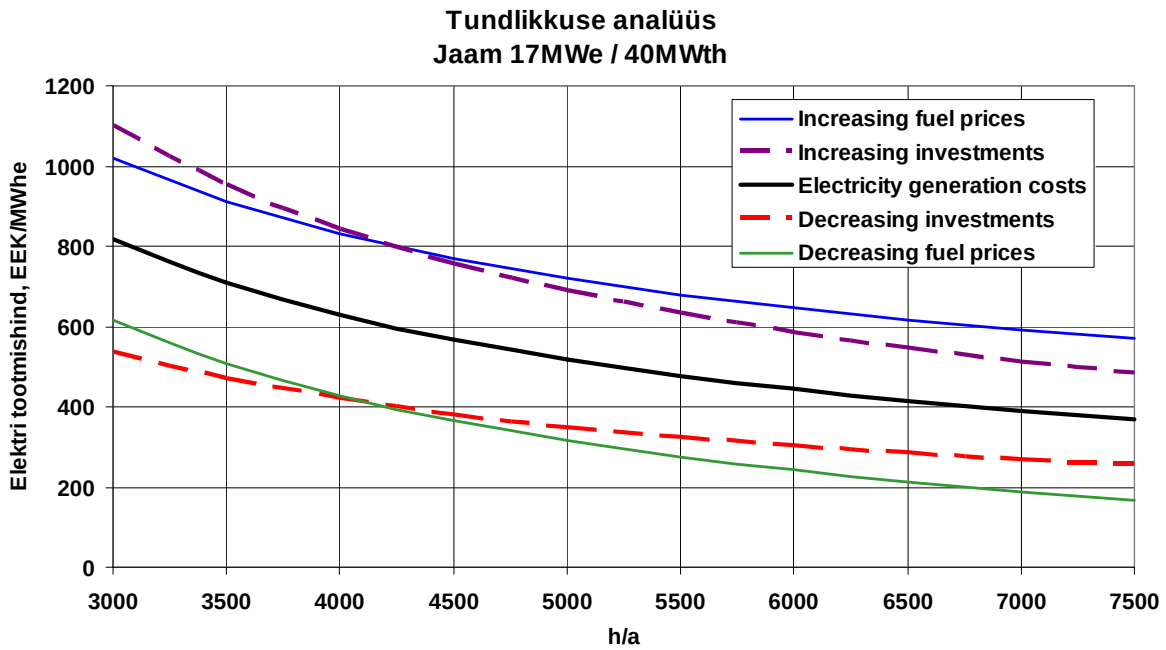
- soojuse müügihind kaugküttevõrku 450 EEK/MWh;
- elektri müügihind elektrivõrku 1150 EEK/MWh (on seotud elektrituruseaduses sätestatud taastuvelektri ostukohustuse ja seaduses fikseeritud hinnaga);
- hakkpuidu ostuhind 169 EEK/MWh, mis vastab hakkpuidu puistekuupmeetri hinnale 127 EEK/m^3;[2]
- investeerimiseks tehtava laenu intress 5%;
- tasuvusarvutuses aluseks võetav tööaeg 20 aastat;
- seadmete summaarne keskmine kasutegur 86,5%;
- tippkoormusele taandatud kasutustundide arv 6000 h/a;
- tööandja palgakulud koos kõigi maksudega 300 000 EEK/töötaja;
- kasutatakse keevkihttehnoloogial töötavat aurukatelt ja vasturõhuturbiiniga lahendust ilma kondensaatorita, mis tähendab kogu soojuse ärakasutamist.

Järgnevas tabelis on ära toodud mõlema koostootmisjaama põhiandmed ja arvutatud majandusnäitajad (vt Tabel 1.7).

[2] Hind on võetud Konjunktuuriinstituudi andmetest 2007. aasta juuli kohta – 127 kr puistekuupmeetri kohta (energiasisaldus 0,75 MWh/m^3)

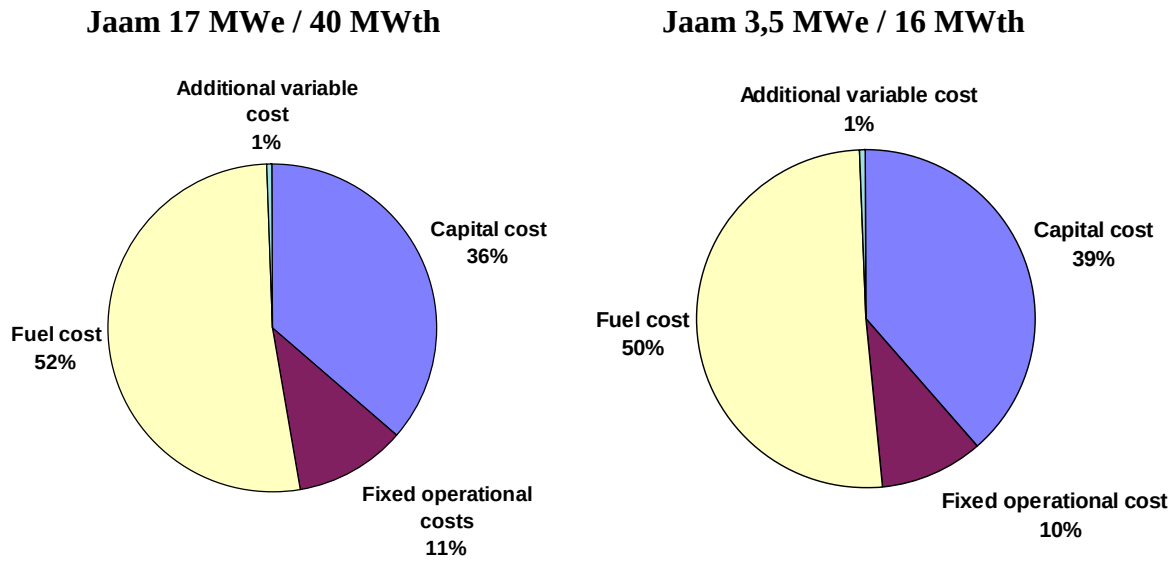
Tabel 1.7. Kootootmisjaamade tasuvusanalüüsi koondandmed

Näitaja	Suur koostootmisjaam	Väike koostootmisjaam
Elektriline võimsus, MW	17	3,5
Soojuslik võimasus, MW	40	16
Töötajate koguarv	30	8
Investeeringu maht, MEEK	500	185
Tasuvusaeg, a	5,3	8,6
Tulu nüüdisväärtus NPV, MEEK	476	39
Rahavoo sisemine tulunorm IRR, %	18,0	9,8



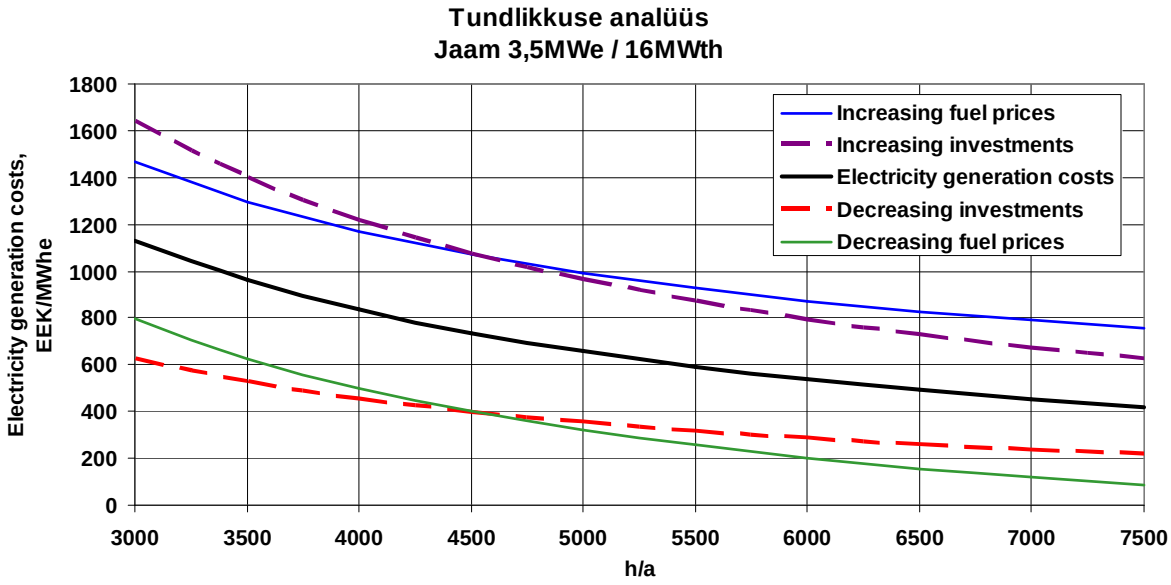
Joonis 1.19. Suure koostootmisjaama majandusliku tasuvuse tundlikkuse analüüs

Joonise teksti selgitused: *Increasing fuel prices* – Kütuse hinna tõus 30%
Increasing investments – Investeeringute tõus 30%
Electricity generation costs – Elektri genereerimise maksumus (algandmete korral)
Decreasing fuel prices – Kütuse hinna langus 30%
Decreasing investments – Investeeringute langus 30%



Joonis 1.20. Kulude jaotus energia tootmisel

Mõlema jaama korral on kasutatud algandmete korral projektid tasuvad, kuid väikese koostootmisjaama korral viitab riskianalüüs projekti mõningale riskantsusele (vt Joonis 1.21 ja Joonis 1.22). Juba tulunormi väärtus 6,3% viitab laenu tõenäolisest kallinemisest tulenevale ohule. Käesoleval ajal on Euribori indeks tõusmas ja odavate laenude aeg mööda saamas. Laenuintress võib viimaste prognooside kohaselt lähiaastatel tõepoolest üle mainitud väärtuse tõusta, mis otsekohe muudaks projekti mittetasuvaks.



Joonis 1.21. Väikese koostootmisjaama majandusliku tasuvuse tundlikkuse analüüs

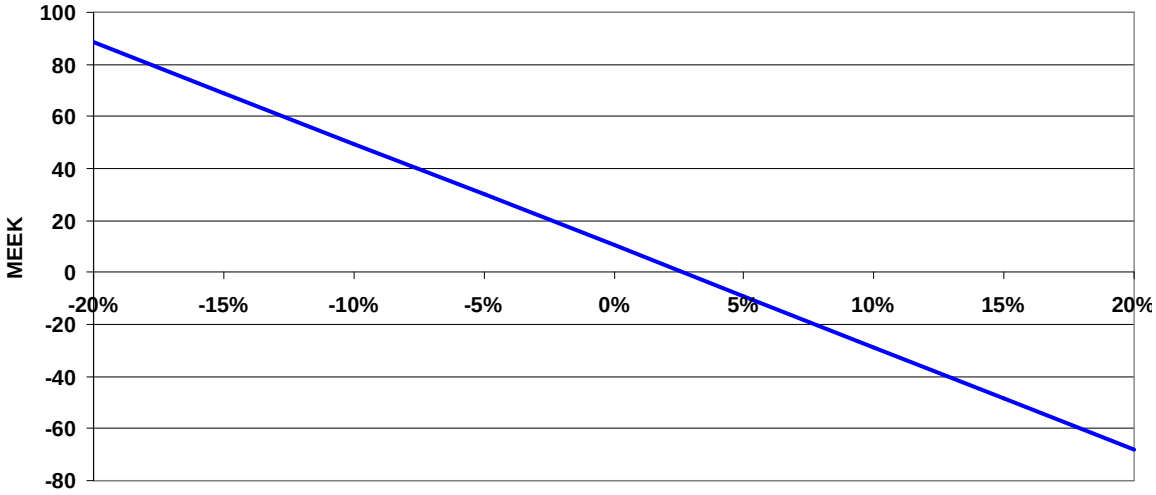
Joonise teksti selgitused: *Increasing fuel prices* – Kütuse hinna tõus 30%
Increasing investments – Investeeringute tõus 30%
Electricity generation costs – Elektri genereerimise maksumus (algandmete korral)
Decreasing fuel prices – Kütuse hinna langus 30%
Decreasing investments – Investeeringute langus 30%

Joonisel (vt Joonis 1.21) toodud võimalikest muutustest tasub kindlasti tähelepanu pöörata kütuse hinna tõusu mõjule. Eksperthinnangute järgi võib hakkpuidu hind praeguste hinnatrendide jätkumisel tõusta lähema viie aasta jooksul tasemele 200 EEK/MWh (150

EEK/m^3 puiste). Kui see prognoos tõeks osutub, muutuks projekt samuti mittetasuvaks, kuigi nende tendentsidega käiks arvatavasti kaasas ka soojuse hinna arvatav tõus.

Projekti jaoks on nõutav kõrge kasutustundide arv (6000 h/a), mis oli eeltingimuseks, et projekt üldse tasuvaks muuta. Samas on hästi teada, et nii kõrge kasutusaeg on saavutatav ainult selliste kaugküttevõrkude korral, kus on arvestatavalt suur suvine soojuskoormus. Nii suurt suvist soojuskoormust enamikes maakonnalinnades ei ole, rääkimata maa-asulatest. Mõnes piirkonnas võib suvine soojuskoormus siiski olla märgatavalt suurem kas tehnoloogilise soojusvajaduse tõttu (puidukuivatid) või kuurortide, spa-de ja veekeskuste tõttu.

Investeeringute tegelike väärtuste kohta puudub Eestis kogemus. Analüüsis on aluseks võetud Soome hinnatase, mida on ehituslike tööde osas veidi vähendatud. Kuna ehitustööde hinnad on tõusmas, pakub huvi ka investeeringukulude tõusu mõju projekti tasuvusele. Nagu järgnev joonis (vt Joonis 1.22) näitab, muudaks projekti mittetasuvaks juba 2,5 – 3% investeeringu-kulude suurenemine.



Joonis 1.22. Tulu nüüdisväärtuse sõltuvus väikese koostootmisjaama investeeringute mahu muutumisest

Võttes kokku koostootmisjaamade tasuvusanalüüsi põhilised tulemused, on võimalik väita, et puitkütuste baasil koostootmise arendamine osutub kõrgete taastuvelektri ostuhindade kehtestamise järel majanduslikult tasuvaks suurte seadmete korral (näiteks 17 MW_{el}/40 MW_s) ja tõenäoliselt ka väiksemate võimsuste 3,5 MW_{el}/16 MW_s korral, kuigi projektid on mõne-võrra riskantsemad. Veelgi väiksemate võimsuste korral võivad koostootmisjaamad osutuda majanduslikult tasuvaks mõnel üksikul erijuhul, näiteks kui osa investeeringukulusid kaetakse toetuste kaudu (ka ühisrakendusprojektidena). Mida väiksem on koostootmisseadme ühik-võimsus, seda suuremaks kujuneb eriinvesteeringute maht, kuid veelgi enam mõjutab siin tasuvust elektri osatähtsuse langus võrreldes soojustoodanguga. Elektri ja soojuse suhe pole aurutsükliga väikeste koostootmisseadmete korral kuigi kõrge, sest see eeldaks kõrgemaid auru parameetreid. Nii tehnoloogilistel kui ka ekspluatatsioonilistel põhjustel oleks väikestes aurukateldes auru parameetrite tõstmine mõttetult kallis ja ebamajanduslik (vt ka punkt 1.1.4).

Maapiirkondade asulate soojuskoormusi arvestades on koostootmisjaamade rajamine puit-kütuste baasil majanduslikult problemaatiline. Nagu eelnevast analüüsist saab järeldada, on tasuvuse saavutamiseks vajalikud nii suhteliselt suur kasutustundide arv aastas. Üldreeglina on kõrge koormatus saavutatav suure kaugküttesüsteemi korral, lisaks on suurema ühik-võimsuse korral ka vajalik väiksem eriinvesteeringute maht. Selliseid sobivaid asukohti on Eestis kahjuks väga vähe. Nende sobivate asukohtadena võiks mainida eelkõige Tallinna,

Tartut, Kohtla-Järvet ja teatud reservatsioonidega veel mõnda suuremat linna. Tallinna on juba kavandatud Väo koostootmisjaam, samuti Tartusse ning Kohtla-Järvele (täpsemalt Ahtmesse). Suurte linnade kaugküttesüsteemides on piisav suvine soojuskoormus, mis tagab koostootmisjaama majanduslikuks tasuvuseks piisava kasutustundide arvu mitte liiga väikese võimsuse korral.

1.4.1. Biokütusel või turbal töötava kaugküttekatlamaja majandusliku otstarbekuse hindamine

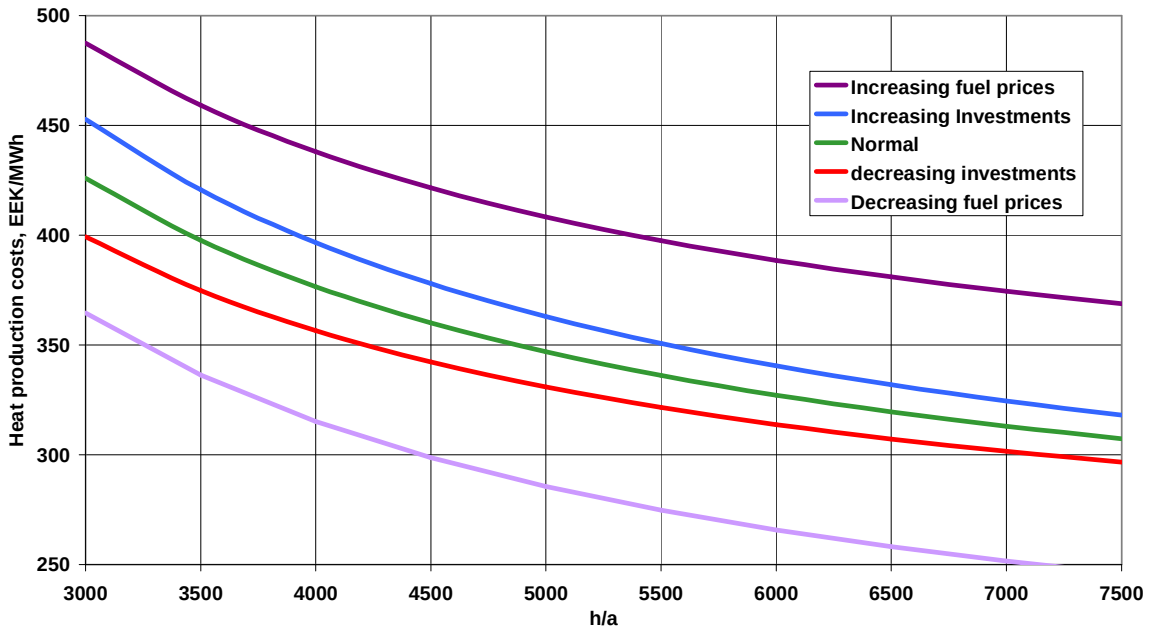
Ka biokütuse katlamaja majandusliku tasuvuse analüüsiks on kasutatud mudelarvutust. Nagu koostootmise korral, nii ka siin on kütuse ja müüdava soojuse hinnaks on võetud samad arvväärtused. Järgnevas tabelis (vt Tabel 1.8) on toodud 5 MW soojusvõimsusega biokütusel töötava kaugküttekatlamaja põhiandmed. Investeeringute mahu hindamisel on arvesse võetud viimastel aastatel Eestisse ehitatud biokütusekatlamajade tüüpilisi maksumusi, sh Paide Peetri katlamaja biokütuseprojekti kulusid, kus kasutati paindlikku reguleerimist võimaldavat koonilise restiga tehnoloogilist lahendust. Ka käesolevas majanduslikus eeldatakse sama tüüpi katelseadme (Wärtsilä BioGrate) kasutamist.

Tabel 1.8. Biokütusel töötava kaugküttekatlamaja põhiandmed

Näitaja	**Väärtus**
Soojusvõimsus, MW	5
Keskmine kasutegur, %	85
Nominaalkoormuse kasutustundide arv, h/a	5000
Töötajate arv	2
Tasuvusarvutustes kasutatav tööaeg, a	15
Investeeringu suurus, MEEK	20
Tasuvusaeg, a	7,76
Tulu nüüdisväärtus NPV, MEEK	5,7
Rahavoo sisemine tulunorm IRR, %	9,7

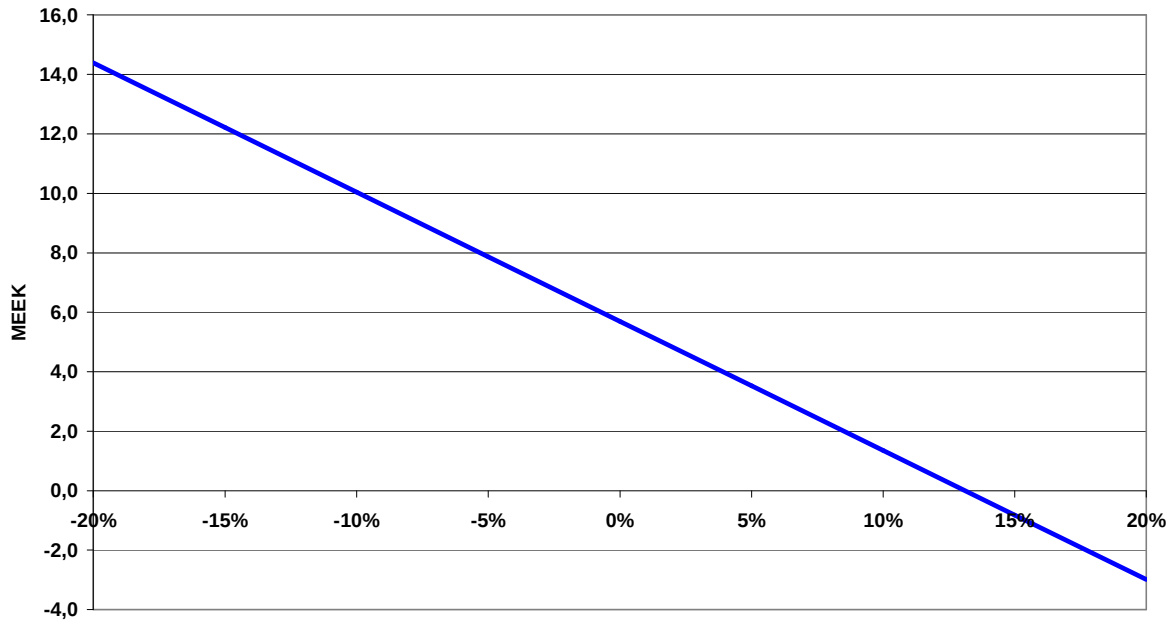
Tabeli andmete alusel on projekt tasuv, kusjuures tulu sisenormi kõrge väärtuse (9,7&%) alusel pole põhjust karta, et laenuintressi tõus selle väärtuseni ulatuda võiks ning projekti mittetasuvaks muudaks. Projekti teiste algandmete muutumise mõju saab jälgida järgnevate jooniste kaasabil (vt Joonis 1.23 ja Joonis 1.24).

Kuna katlamajade ehitamisel on Eestis piisavalt kogemusi, siis investeeringute mahu võimaliku muutumise osas kasutati väiksemat võimaliku muutumise intervalli ±20%. Joonise (vt Joonis 1.23) alusel investeeringu võimalik suurenemine mainitud ulatuses väga suurt ohtu ei kujuta, kuid kütuse võimalik hinnatõus on märksa ohtlikum. Teise joonise (Joonis 1.24) abil on näha, et projekti majanduslik tasuvus säilib, kui investeeringute maht ei suurene rohkem kui 13%.



Joonis 1.23. Kaugküttekatlamaja majandusliku tasuvuse tundlikkuse analüüs

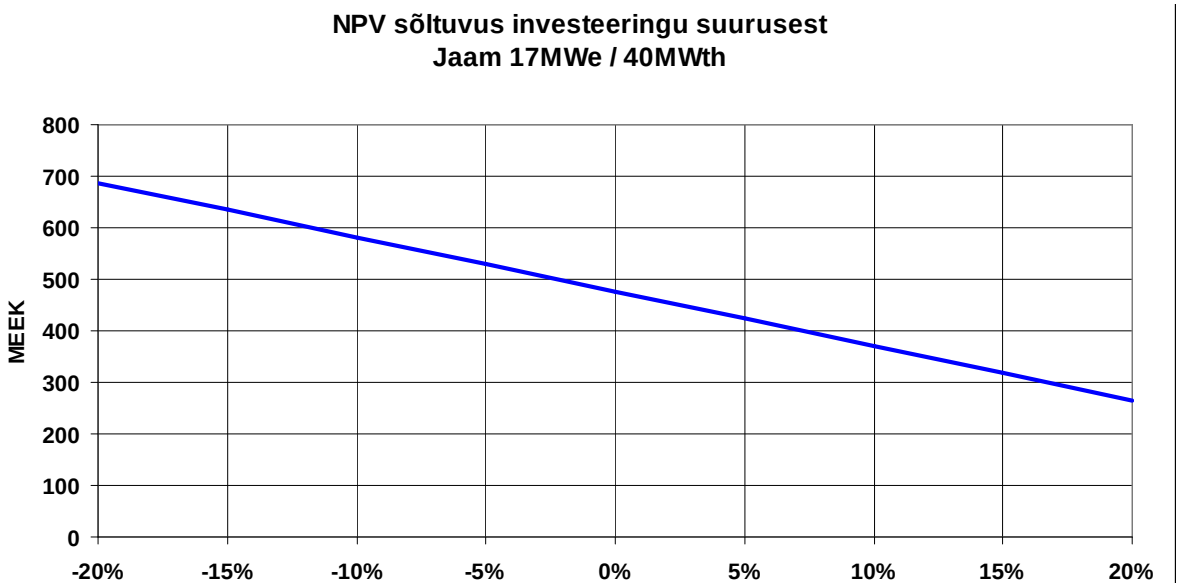
Joonise teksti selgitused: *Increasing fuel prices* – Kütuse hinna tõus 30%
Increasing investments – Investeeringute tõus 20%
Normal – normaalolukord (e soojuse hind algandmete korral)
Decreasing fuel prices – Kütuse hinna langus 30%
Decreasing investments – Investeeringute langus 30%
Heat production costs – soojuse tootmiskulud



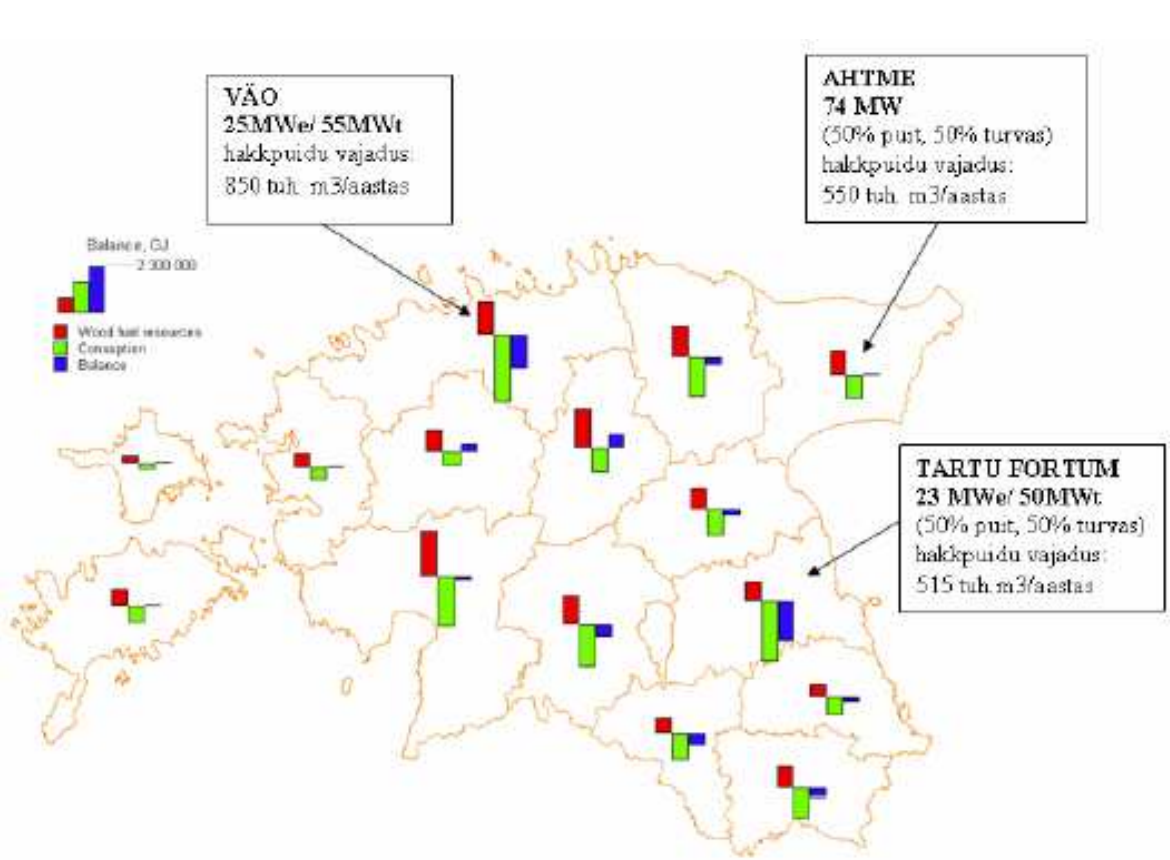
Joonis 1.24. Tulu nüüdisväärtuse sõltuvus katlamaja investeeringute mahu muutumisest

Kui biokütustel töötavate katlamajade ehitamiseks on võimalik saada investeerimistoetusi, väheneb nende rajamise majanduslik risk veelgi. Siiski tasub meeles pidada, et seadmete väiksema võimsuse korral eriinvesteeringute maht suureneb ja majandusliku tasuvuse saavutamiseks püütakse sageli algseid kulutusi piirata tehnoloogiliste lihtsustuste hinnaga.

Reeglina eeldab lihtsustatud tehnoloogiline lahendus tööjõuvajaduse suurenemist, mida sageli isegi soovitatakse (tööhõive suurendamine!). See on ohtlik tee ja varasemad Eesti kogemused näitavad, et odava täiendava tööjõuga pole pikaajaline häireteta ekspluatatsioon võimalik ja mistahes häired vähendavad seadme tasuvust.



Joonis 1.25. Tulu nüüdisväärtuse sõltuvus investeeringu võimalikust muutumisest



Joonis 1.26. Puitkütuste bilanss pärast kolme koostootmisjaama käivitamist

Allikas: P.Muiste ettekanne *Biokütuste ressurss Eestis* seminaril *Taastuvenergeetika kui võimalus regionaalarengus*, 16.nov 2007.a Eesti Näituste Messikeskus

Põllumajandusliku ja loodusliku biomassi potentsiaalseid koguseid täies ulatuses välja tuua pole käesoleva töö ja sellega seonduvate uuringute raames olnud võimalik välja tuua, sest see sõltub tehtavatest valikutest põllumajandusliku ja täiendava maa kasutatava maa kasutamisel ja saadav biomassi rakendamise eesmärkidest. Näiteks, põldude mullaviljakuse langemise vältimiseks ei oleks Hugo Roostalu arvates põhku otstarbekas kütusena kasutada. Vabade maade kasutuselevõtu korral pole selge, mis kultuure ja millises mahus seal kasvatama saaks hakata. Siiski võtsime kokku olemasolevad Hugo Roostalu hinnangud (Tabel 1.9) ja võrdlesime neid biomassipõhiste kütuste hinnangulise defitsiidiga pärast suurte koostootmisjaamade valmimist (Joonis 1.26). Roostike ressurss on võrreldes põhu kogustega väga tagasihoidik, kuid põhu täieliku ärakasutamise korral oleks võimalik töösse rakendada kuni 500 MW ulatuses küttekatlaid ja põhu 30% ulatuses kasutamise korral ikkagi kuni 150 MW e kaks planeeritavat suurt koostootmisjaama. Seega tuleks põhuressursi energeetilise kasutamisega seonduvaid põllumajanduslikke ja majanduslikke aspekte põhjalikumalt uurida ning otstarbekas mahus see täiendav energiaressurss ära kasutada, kusjuures ühe alternatiivina tasuks kaaluda põhu kasutamist planeeritavate koostootmisjaamade kütusena.

Roostike biomassi kogused on märksa tagasihoidlikumad ja selle ressursi rakendamine on eelkõige kohaliku otsustuse küsimus, sest roog on väärtuslik katuse- ja ka isolatsioonimaterjal ning selle põletamine võib osutuda ebamajanduslikuks. Ka põhu kasutamine isolatsioonimaterjalina on võimalik, kuid hetkel on see kasutus marginaalne ja tasuvusuuringuid pole teadaolevalt tehtud.

Tabel 1.9. Laokuiva põhu ja roostike biomassi potentsiaalne energiaressurss Hugo Roostalu andmetel

Maakond	Põhu ressurss, GWh	Roostike bioenergia ressurss, GWh	Kokku täiendava biomassi ressurss, GWh
Harju	178	3	181
Hiiu	12	7	19
Ida-Viru	73	0	73
Jõgeva	348	0	348
Järva	311	0	311
Lääne	94	104	198
Lääne-Viru	451	4	455
Põlva	208	0	208
Pärnu	190	15	205
Rapla	148	0	148
Saare	61	53	114
Tartu	455	47	502
Valga	163	5	168
Viljandi	377	6	383
Võru	132	6	138
Kokku	**3201**	**250**	**3451**

1.5. Biomassil töötavate koostootmisjaamade koostalitlus energiasüsteemis

Eesti elektrisüsteemi varustavad põhiosas elektriga baaskoormusele orienteeritud põlevkivi-elektrijaamad. Elektrisüsteemi tippkoormuse katmiseks sobivaid jaamu Eestis napib. Biomassil töötavate koostootmisjaamade tööd oleks majanduslikult otstarbekas juhtida soojuskoormuse järgi, seetõttu ei anna ka need jaamad (nagu ka tuulikud ja väikesed hüdrojaamadki) tippkoormuse katmiseks süsteemile midagi juurde.

Teisalt ei ole elektrivõrguga ühendamine koostootmisjaamade võimalike asukohtade korral suhteliselt väikeste ühendusvõimsuste (mõni MW elektrit) tõttu eriti limiteeritud. Keeruline on leida sellist koostootmisjaama asukohta, kus oleks piisav aastaringne soojuskoormus. Soojuskoormuseks saab rakendada:

- kaugküttekoormus;
- tehnoloogilist soojuskoormus.

Esimesel korral on suur sõltuvus ilmastikust, seega soojuskoormus muutub sõltuvalt aastaajast ja välisõhu temperatuurist. Eestis tüüpiline kütteperioodi pikkus on umbes 5300 tundi, millele võib lisanduda sooja tarbevee koormus. Arvestades küttekoormuse graafikut saab leida koostootmisjaama majanduslikult otstarbeka elektrilise võimsuse, mis tagaks võimalikult suure arvestusliku kasutustundide arvu, soovitavalt 6000 h või enam (vt Joonis 1.19 ja Joonis 1.21). See asjaolu seab kaugküttekoormuse baasil töötavale koostootmisjaamale päris tugevad asukoha piirangud. Kõne alla tulevad ainult suuremad linnad, seega Tallinn, Tartu, K-Järve, Jõhvi ja võib olla veel mõned suuremad maakonnalinnad. Väikese soojuskoormusega kohtades on ainult küttekoormuse baasil koostootmine otstarbekas vaid erijuhul.

Eesti Maaülikoolist saadud esialgsete kütuseressursiandmete alusel võib oletada, et juba pärast kahe biokütustel töötava koostootmisjaama (Väo ja Tartu) valmimist tekib puitkütuste turul defitsiit. Kuna koostootmisjaamadest biokütuse baasil toodetud elekter ostetakse võrku kõrgendatud hinnaga (115 senti/kWh) ja nendel koostootmisjaamadel on võrreldes väikeste biokütusekatlamajadega kindlasti parem kütusevarustuse korraldus ning võimalus kütuse eest kõrgemat hinda maksta, siis tõenäoliselt võivad koostootmisjaamad osta turult kõrgema hinnaga kütust ja väikestel katlamajadel tekib tõsiseid probleeme biokütuse hankimisega. Kinnitades taastuvelektrile suhteliselt kõrge ostuhinna, ei hinnanud Riigikogu kahjuks biokütuste turu olukorda ja võimalust, et kõrge taastuvelektri ostuhind võib põhjustada siiani edukalt töötanud puitkütusekatlamajadele keerulisi kütusevarustuse ning finantsprobleeme, võimalik, et isegi pankrotti.

Küttekoormuse baasil koostootmise kavandamisel on määrava tähtsusega veel see, mil viisil oli varem selle linna (asula) soojusvarustus lahendatud. Kui selleks oli näiteks kaasaegne biokütusekatlamaja, mille ehitamiseks tehtavad investeeringud pole tagasi makstud ja mille koormus läheks üle koostootmisjaamale, siis tuleks katlamaja investeeringu tagasimaksed kanda koostootmisjaama investeeringutesse. See on ebasoovitav mitmes mõttes. Esiteks on ebaeetiline muuta küsitavaks hästitoimiva biokütust kasutava katlamaja töö jätkamine. Teiseks, sel juhul koostootmisjaama projekti realiseerimiseks on ülimalt problemaatiline saada mistahes investeerimistoetust, näiteks ühisrakenduse raames.

Koostootmist võib sageli edukalt rakendada tehnoloogilise soojuskoormuse baasi, eriti kui tehnoloogilist soojust vajatakse veega ja mitte eriti kõrge temperatuuriga. Üheks selliseks rakenduseks on aastaringselt töötavad puidukuivatid, aga ka muu materjali kuivatid, kui kuivatusprotsess on aastaringne.

1.6. Biomassi transpordilogistika skeemidest

Logistilised lahendused on äärmiselt sõltuvad kütuseliigist. Metsast saadava puitkütuse korral pakub praegu enam huvi raiejäätmete kütusena kasutamine. Hetkel on see üheks reaalseks võimaluseks saada täiendavat puitkütuse ressurssi, mis ei sobi eriti biokütuse ekspordi arendamiseks. Vastavalt Peeter Muiste poolt kirjapandule [3] on neli põhilist võimalust, mis kõik logistiliselt erinevad:

- Raiejäätmete hakkimine langil. Sellisel korral on otstarbekas ühildada tarbepuu saamiseks vajalik raie ja jäätmete hakkimine. Eriti on see seotud meie metsade pehme pinnasega, mis raskendaks jäätmete eraldi kogumist. Hakke transport peab sellisel juhul toimuma raieperioodil ja hakke ladustamine üldreeglina lühiajaliselt ja katlamaja juures. Arvestada tuleb üldisi autorongidele kehtivaid piiranguid. Samas mahus haket koormase enam kui hakkimata jäätmeid.
- Raiejäätmete hakkimine vahelaos.
- Raiejäätmete transport töötlemata kujul ja hakkimine lõpplaos, st kas kütuse müüja laos või katlamaja juures.
- Raiejäätmete pallimine. See tehnoloogiline lahendus on otstarbekas suure võimsusega koostootmisjaama või katlamaja varustamiseks, samuti sobib see paremini suurte metsamassiivide puhul, sest nii välditakse kallite ja suure tootlikkusega pallimismasinate vedamist ühest metsast teise. Kuigi metsanduse spetsialistid peavad seda tehnoloogilist skeemi logistiliselt parimaks, on selle juurutamine väikeses mastaabis väga ebatõenäoline.

Rohtse biomassi jaoks on logistilise skeemi väljatöötamisel teatud kriteeriumid, mis puitkütuste korral ei olnud nii olulised. Need iseärasused seisnevad rohtse biomassi koristamise hooajalisuses ja kogu aastaks ladustamise vajaduses. Esiteks on tarvis ladu kogu aasta varu jaoks, teiseks aga peab ladustatav rohtne biomass olema sellise niiskusega, mis ei põhjusta ladustatud materjali mädanemist, isekuumenemist ja kvaliteedi langust. Õlgede korral on ladustamistingimused üsna hästi tuntud, muude rohtse biomassi liikide korral võivad need tingimused erineda ja neid on vaja iga liigi jaoks täpsustada.

Õlgesid varutakse praktiliselt ainult pressituna ja siis on nende mahukaal piirides 110 – 165 kg/m^3, mis teeb ligikaudseks energiasisalduseks 0,4 MWh/m^3. See näitaja on umbes poole madalam kui hakkpuidul. Seega näiteks katla iga MW võimsuse kohta on aastas tarvis 4000 h kasutusaja ja 75% kasuteguri korral ligikaudu 2130 m^3 kütust ja selle paigaldamiseks ladu. Laoks peaks olema ventileeritav, st võimaldama kütuse kuivatamist kuni 25%-ni niiskuseni, mis on ladustamiseks maksimaalselt lubatav niiskus (laos toimuv järelkuivamine alandaks siis niiskuse 20%-ni).

Kaugküttekatlamaja ei ole reeglina valmis nii mahuka lao enda juurde ehitamiseks, seega peaks ladu olema õlgede või muu rohtse biomassi tootja juures. Enamasti pole nende kütuste kasutamise majanduslikkuse analüüsides ladustamisega seotud kulusid arvestatud.

Rohtse biomassi kasutamisel katlamajas tuleb mitme kütusetarnija korral lahendada ka kütuse koguse mõõtmine. Ühe tarnija korral võib kütuse koguse mõõtmisest loobuda ja kütuse eest tasumist saab korraldada vastavalt toodetud ja mõõdetud soojusele. Mõõtmiseks võib olla mitmeid lahendusi, kuid reeglina tuleb määrata kütusekoguse energiasisaldus ja vastavus kokkulepitud kvaliteedikriteeriumidele. Eriti keeruliseks läheb olukord siis, kui kasutatakse mitut eri liiki biomassi, mille energiasisalduse määramiseks on vaja esiteks võtta kütuse keskmine proov ja siis määrata selle niiskus, tuhasisaldus ja kütteväärtus jne.

Eestis siiani puudub hea praktika, kuidas vastuvõetava kütuse keskmist proovi võtta ja vajalikke omadusi kontrollida. Selleks on väljatöötamisel CEN standardid kütuseproovide võtmiseks ja rohtse biomassi kvaliteediklasside rakendamiseks. Turba ja puitkütuste jaoks on CEN standardid olemas ja põhimõtteliselt on mõeldav nende juurutamine ja kehtestamine ka Eesti standarditena. Ainsa rohtse biomassi liigina on standardites vaatluse all põhk, kuid teiste puhul on täiesti mõeldav esialgu läbi ajada analoogse lähenemise kaudu saadavate esialgsete soovitustega.

1.7. Kasutatud allikad

1. *Renewable Energy in Europe: Building Markets and Capacity*. European Renewable Energy Council. 2004, London: European Renewable Energy Council, James & James (Science Publishers). 202 pp.
2. Knoef, H.A.M., ed. *Handbook Biomass Gasification*. 2005, BTG Biomass Technology Group: Enschede. 378.
3. Vares, V., Kask, Ü., Muiste, P., Pihu, T., Soosaar, S., *Biokütuse kasutaja käsiraamat*, ed. V. Vares. 2005, Tallinn: TTÜ Kirjastus. 172 lk.
4. Reed, T.a.G., S., *A Survey of Biomass Gasification 2000 - Gasifier projects and manufactures around the world, available at the Biomass Energy Foundation*.
5. BTG, *Thermal conversion of biomass into secondary products - the case of gasification and pyrolysis*, in *12th European Conference on Biomass and Waste*. 2002: Amsterdam.
6. Beenackers, A.A.C.M., Bridgwater, A.V., *Gasification and Pyrolysis of Biomass in Europe*, in *Pyrolysis and Gasification*, G.L.e.a. Ferrero, Editor. 1989.
7. Morris, M., Waldheim, L., *Update on Project ARBRE, UK - A Wood-fuelled Combined-cycle Demonstration Plant*, in *Gasification. The Clean Choice for Carbon Management*. 2002: Noordwijk, The Netherlands.
8. Bridgwater, A.V., *The technical and economic feasibility of biomass gasification for power generation.* Fuel, 1995. **74**(5): p. pp 631-653.

2. BIOMASSI ENERGIAKS MUUNDAMISE TEHNOLOOGIATE SOBIVUS ERI LIIKI BIOMASSIPÕHISTELE KÜTUSTELE

2.1. Kütuse omadustest ja kvaliteedist tulenevad nõuded energeetiliste seadmete valikuks

Kütuste omadused mõjutavad mistahes kütuse korral põletustehnoloogia valikut, kuid eriti tihe seos põletustehnoloogia valiku ja kütuste omaduste vahel on biomassi korral. Põhjuseks on biomassi omaduste muutumise väga lai diapasoon: varieeruvad niiskuse- ja tuhasisaldus, tuha omadused, kütuseosakeste kuju ja suurused ning samuti praktilised kõik muud omadusi iseloomustavad näitajad. Enamik biomassi põletustehnoloogiad on välja töötatud teatud iseloomuga kütuste jaoks ja selle omaduste suured kõrvalekalded tekitavad otseseid häireid seadmete töös.

Kuigi sageli pööratakse tähelepanu ainult põletusviisi ja katla sobivusele teatud omadustega kütuste kasutamiseks, mõjutab kütuse iseloom praktiliselt kogu katlamaja juurde kuuluva seadmestiku tööd ja esitab nõudeid konstruktsioonilistele lahendustele, näiteks rohtne biomass nõuab teistsuguseid konveiereid kui hakkpuit, kõrge niiskusesisaldusega kütust tuleb hoida talvel külmumise ja paakumise eest, kütuse kloori ja väävlisisaldus mõjutavad katla küttepindade ja suitsukanalite materjalide valikut jne. Iga katlamaja ja põletusseadme ehitamisel ja komplekteerimisel arvestatakse teatud kütustega. Loomulikult on olemasoleva katlamaja juures enamasti võimalik teha tehnoloogilisi muudatusi, kuid täiendavate kulutuste hinnaga ja teatud piirini.

Üheks praktiliselt kõiki biomassipõhiseid kütuseid iseloomustavaks omaduseks on suhteliselt kõrge lendaine sisaldus. Seega eraldub suurem osa kütuse energiast kolde mahus, st leegis, mis nõuab suhteliselt suurt kolde mahtu võrreldes näiteks kivisöega ja eriti antratsiidiga. Antratsiidi põlemisel eraldub praktiliselt kogu soojus tahke süsiniku (tahke faasi) põlemisel praktiliselt ilma leegita ja seetõttu kolderuumi vajadus on minimaalne. Lihtne järeldus on: biomassi põletamisel kivisöekoldes läheb suur osa lendaine küttevääritusest kaduma, st keemiline põlemiskadu võib osutuda ülisuureks.

Biomassipõhise kütuse niiskus võib varieeruda väga suurtes piirides, alates mõnest protsendist kuni umbes 65%-ni. Sõltuvalt kütuse niiskusest vajatakse kuivatamiseks ja lendaine eraldamiseks soojust erinevalt. Seetõttu tuleb niiske kütuse põletamiseks sobivad kolded ehitada ilma jahutatavate seinteta (ilma kolde küttepindadeta). Kuiva kütuse põletamiseks sobiva kolde seinad vajavad jahutust, st tuleb varustada küttepindadega, et vältida temperatuuri ülemäärase tõusu kütuse kihis ja tuha sulamist. Teatud määral on restkoldes võimalik kütuse kihi temperatuuri reguleerida näiteks suitsugaaside retsirkulatsiooni abil: kõrge CO_2 ja veeaurusisaldusega suitsugaase juhitakse resti alla kütusekihti, mille järel veeaur ja CO_2 reageerivad kütusekihis süsinikuga. See protsess neelab soojust ja jahutab kütusekihti. Protsessis tekkivad vesinik ja CO (vingugaas) põlevad leegis ja seega kütusekihi jahutamiseks kulutatud soojus vabaneb kolde mahus (leegis). Kokkuvõttes suurendab suitsugaaside retsirkulatsiooni ehitus investeeringu mahtu, kuid võimaldab samas seadmes põletada erineva niiskusesisaldusega kütuseid, samuti näiteks turvast ja hakkpuitu.

Üldreegliks on, mida keerukam on kolde ja põletusseadme tehnoloogiline lahendus, seda mitmekesisemate omadustega kütust saab selles seadmes kasutada (vt Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Põletustehnoloogiate sobivus erinevate puit- ja turbakütuste põletamiseks

	Freesturvas	Tükkturvas	Hakkpuit	Saepuru	Koor
Altsöötmisega restkolle	–	–	**	**	**
Ülaltsöötmisega restkolle	–	–	**	*	**
Liikumatu restiga kolle	–	*	***	*	**
Mehaanilise (liigutatava) restiga kolle	***	***	***	*	***
Stoker-põleti	–	**	***	–	–
Keevkihtkolle	***	–	***	***	***
Eelgaasistusseadmega katel	–	***	***	*	*

2.1.1. Tahkete biokütuste klassifitseerimise alused

Et kütusena ära kasutada väga varieeruvate omadustega biomassi, siis nõutakse tahkete biokütuste kohta tehniliste tingimuste määramist ja esitamist, et kütuse kasutajal oleks võimalik otsustada kütuse sobivuse üle sõltuvalt seadmete tehnoloogilistest iseärasustest. Kütuse kvaliteedinäitajate esitamise lihtsustamiseks on juurutamisel biokütuste klassifitseerimise standardid. Need standardid määravad sõltuvalt biokütuse liigist ja koostisest need näitajad, mille teadmine ja klassifitseerimine on antud kütuse kasutamisel oluline.

Tahkete biokütuste klassifitseerimine algab päritolu määramisest, mille alusel kütused jaotatakse järgmisteks gruppideks:

- puidupõhine biomass;
- rohtne biomass;
- puuviljade biomass;
- lisanditega ja segatud biokütused.

Katlakütusena on Balti mere äärsetes maades praktilises kasutuses väga mitmesugused puidupõhised kütused ning mõned rohtse päritoluga kütused (eelkõige õled).

Puidupõhine biomass kujutab endast puudest või põõsastest pärinevat biomassi, kusjuures biomass võib olla saadud otse metsast või istandusest (nn energiametsast), puidutööstuse jääkidest, korduvakasutusega biomass jne.

Nii puidupõhised kui rohtsed (*herbaceous*) kütused võivad olla keemiliselt töödeldud ja sisaldada lisandeid ja kemikaale, mis mõjutavad nende materjalide kasutatavust kütusena. Korduvakasutusega puidus võivad lisanditeks olla näiteks naelad, elektrijuhtmete metall ning vaigud ja liimid (lammutuspuit), puidutööstuse jäätmetes vaigud ja liimid jne. Selliste lisandite sisaldus tuleb lähtuvalt keskkonnaohtlikkusest eriti täpselt klassifitseerida.

Biokütuseid toodetakse, turustatakse ja kasutatakse küllaltki mitmesugustes nn kaubanduslikes vormides, mille tüüpilised näited on esitatud tabelis (vt Tabel 2.2).

Sõltuvalt biokütuse liigist rakendatakse kütuste klassifitseerimisel näitajaid kahes kategoorias:

- normatiivsed e kohustuslikud näitajad;
- informatiivsed näitajad, mille esitamine on soovitav, kuid mitte kohustuslik.

Klassifitseerimisel rakendatavate kütuse omaduste näitajate (kas normatiivsete või informatiivsete) hulka võivad kuuluda:

- kütuse päritolu ja allikas;
- kütuse kaubanduslik vorm (vt Tabel 2.2);
- tarbimiskütuse niiskus (M_{ar});
- kütuse tuhasisaldus (A);
- kütuse osakeste suuruste jaotus (P);
- kütuse osakeste tihedus (DE);
- kütuse puistetihedus (BD);
- pelletite mehaaniline püsivus (DU);
- kütuse süsiniku- (C), vesiniku- (H) ja lämmastikusisaldus (N);
- vees lahustuva kloori (Cl), naatriumi (Na) ja kaaliumisisaldus (K);
- summaarne väävlisisaldus (S) ja kloorisisaldus (Cl);
- keemiliste elementide sisaldus (Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Na ja Ti). Sellesse gruppi kuuluvad need keemilised elemendid, mille sisaldus on tavaliselt teatud minimaalsest tasemest kõrgem;
- mikroelementide sisaldus (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V ja Zn). Nende keemiliste elementide sisaldus on madal, kuid võib olla nõutav keskkonna-kaitseliste nõuete tõttu.

Tabel 2.2. Biokütuste kaubanduslike vormide näiteid

Kütuse nimetus	Tüüpilised osakeste mõõtmed	Levinud ettevalmistuse viis
Briketid	Ø > 25 mm	Mehaaniline kokkupressimine
Pelletid	Ø < 25 mm	Mehaaniline kokkupressimine
Tolmkütus	< 1 mm	Jahvatamine
Saepuru	1 mm – 5 mm	Puidu töötlemisel terava lõikeriistaga
Hakkpuit	5 mm – 100 mm	Puidu töötlemisel terava lõikeriistaga
Purustatud puit	Varieeruv	Puidu purustamine nüri seadmega
Halupuit	100 mm – 1000 mm	Puidu tükeldamine terava lõikeriistaga (saega)
Puukoor	Varieeruv	Palkide koorimine. Koor võib olla purustatud
Pressitud õled väikestes	0,1 m^3	Kokku pressitud ja seotud kandilisteks pakkideks

Kütuse nimetus	Tüüpilised osakeste mõõtmed	Levinud ettevalmistuse viis
pakkides		
Pressitud õled suurtes pakkides	3,7 m^3	Kokku pressitud ja seotud kandilisteks pakkideks
Pressitud õled silindrilistes pallides	2,1 m^3	Kokku pressitud ja seotud silindrilisteks pallideks

Kaugkütte katlamajade ja teiste suuremate kütusetarbijate nõuded kütuse omadustele sõltuvad kasutatavate põletusseadmete, transportööride ja hoidla konstruktsioonilistest iseärasustest ja kasutusviisist. Näiteks, kui kodutarbijale on üldreeglina sobivaim võimalikult kuivem kütus, siis katlamajja võib olla üles seatud katel, mille kolde ehitus eeldab niiske kütuse kasutamist.

Väärindamata naturaalsete puitkütuste väga tähtsaks näitajaks on kütuseosakese suuruste vahemik, mis kajastub juba kütuse kaubandusliku vormi nimetuses ja määrab suures osas ka põletustehnoloogia.

Hakkpuidu tüüpiliseks klassiks osakeste suuruse järgi võib lugeda klassi P45, mille korral osakeste jaotus kütuses oleks järgmine:

- peen fraktsioon – alla 5% kütuse massist on osakesed suurusega kuni 1 mm;
- põhifraktsioon – vähemalt 80% kütuse massist on osakesed suuruse vahemikus 3,15 mm $\leq$ P $\leq$ 45 mm;
- jäme fraktsioon – alla 1% osakeste massist võivad olla suuremad kui 63 mm.

Nagu jaotusest näha, määratleb klassifikatsioon peenfraktsiooni ja suurte tükkide sisaldust kütuses, sest mõlemad kõrvalekalded põhifraktsiooni mõjutavad kütuse konveierite tööd ja samuti ka kütuse põlemist koldes.

Kuna rohtset biomassi kasutatakse kütusena võrdlemisi piiratud mahus, pole selle kütuseliigi kohta standardis eraldi tehnilisi tingimusi ja klassifikaatoreid välja toodud. Siiski, lähtudes üldistest klassifitseerimise põhimõtetest, saab standardit kaudselt rakendada ka seal otseselt käsitlemata kütuste jaoks.

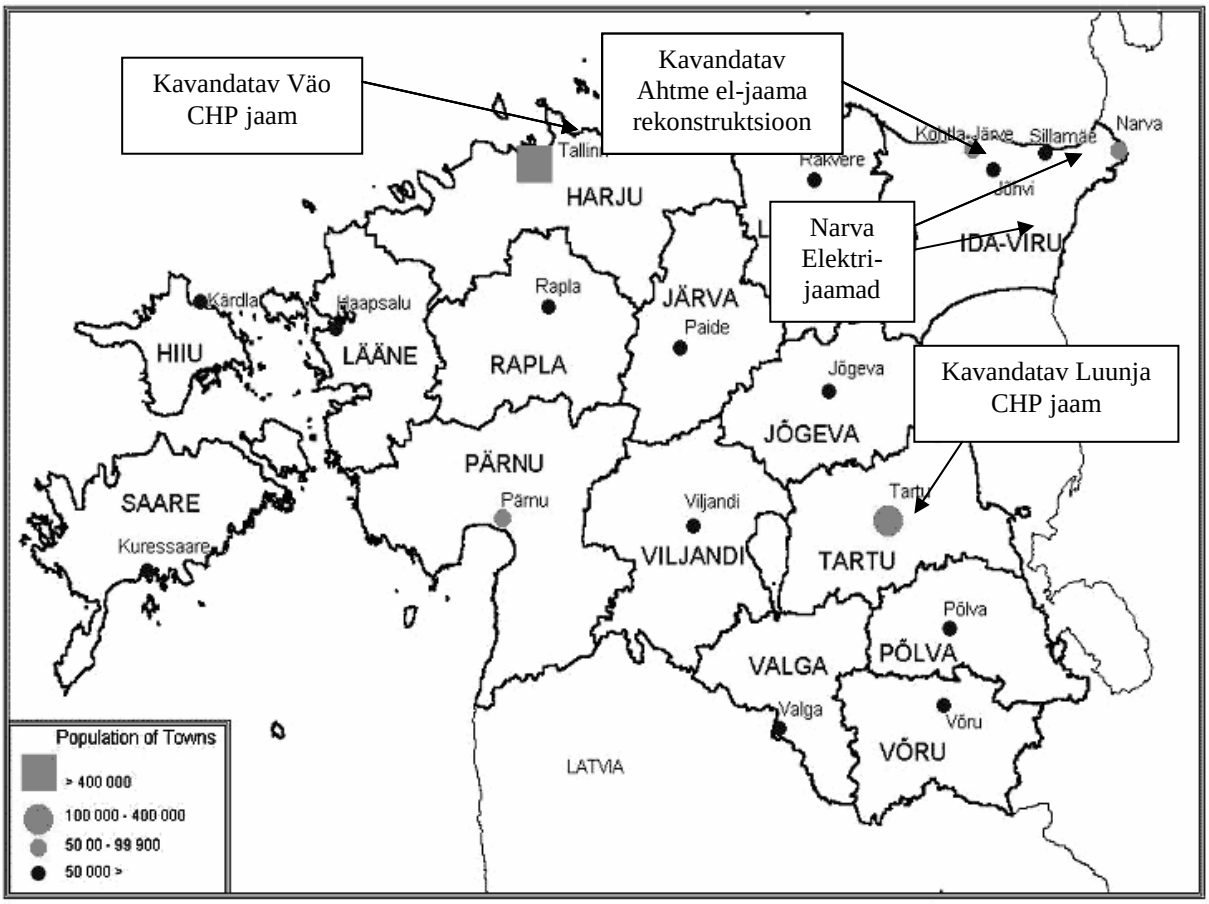
2.1.2. Põletustehnoloogia sobivuse esmane hindamine

Kui põletustehnoloogia valik puitkütustele on suhteliselt hästi tuntud ja lühidalt ka eespool refereeritud (vt lk. 39 ja Tabel 2.1), samas rohtse biomassi ja erivete kütuste segude põletamiseks konkreetsete soovituste andmiseks on vaja läbi viia põletamiskatseid. Esmase hinnanguna on võimalik lähtuda järgmistest üldistest seisukohtadest.

Probleemsete või väheuuritud omadustega biokütuseid on võimalik lisada põhikütusele ja põletada keevkihtkolletes.

Võrreldes teiste energiatehnoloogiatega võimaldab **keevkihttehnoloogia** lisaks ettenähtud põhikütusele kasutada kuni umbes 10% ulatuses teisi biokütuseid, loomulikelt tingimusel, et lisakütuse granulomeetria ja muud füüsikalised omadused võimaldavad selle söötmist koldesse ja põletamist keevkihis. Reeglina on keevkihttehnoloogia kasutusel suure ühik-võimsuse korral ja harvem keskmise võimsusega põletusseadmetes (4 – 20 MWth) põletus-seadmetes. Eestis on keevkihtkatlaid suhteliselt vähe, kuid planeeritavad uued biokütustel

töötavad elektri ja soojuse koostootmisjaamad varustatakse väga suure tõenäosusega just seda tüüpi seadmetega (vt Joonis 2.1).



Joonis 2.1. Koospõletamist võimaldavate keevkihttehnoloogial põhinevate põletusseadmetega elektrijaamade paiknemine

Joonisel näidatud elektrijaamadest ei ole rohtse biomassi kasutamist teadaolevalt kavandatud, kuid eeldatavasti on vastava biomassi olemasolul võimalik selle kasutamine segus hakkpuidu ja turbaga tehniliselt realiseeritav.

Mõnevõrra erinev on olukord Narva Elektrijaamades, kus Balti jaamas on üks ja Eesti jaamas samuti üks tsirkuleeriva keevkihtkatlaga energiaplokk. Kuna katelde soojusvõimsused on väga suured (üle 600 MWth), siis annaks põlevkivi ja biomassi koospõletamise rakendamine võimaluse tohutute biomassi koguste põletamiseks. Kuigi selle lahenduse realiseerimine võiks teatud uuringute ja katsetuste järel olla tehnoloogiliselt realiseeritav, siis üle 100 MWel võimsuse tõttu ei rakendu toodetavale biomaassipõhisele elektrile 115 sendine müügihind ja vastav ostukohustus. Seega ei ole Narva Elektrijaamade ja Eesti Energia huvi vastavate uuringute läbiviimiseks ja võimaluse realiseerimiseks kuigi tõenäolised.

2.2. Eestile sobivate energiakultuuride ja muu sobiva biomassi põletamiseks nõutavad põletustehnilised parameetrid ja mõju energiaseadmete tööle

2.2.1. Probleemsete jäätmete teke Eestis 2005.a. andmete alusel.

Põllumajandustööstuses tekkivatest jäätmetest tuleks esimesena nimetada rapsiõli tööstuses tekkiva šortiga, mida käesoleval ajal Painküla Tehases tekib 48 000 tonni aastas. Kogus

vastab poolele tehase installeeritud võimsusele. Selle kasutamine sõltub toormest. Käesoleval ajal kasutatava rapsi ümbertöötlemisel tekkiv šort ehk niinimetatud rapsikook purustatakse graanuliteks ja tarnitakse pakendatult loomasöödaks. Tehase täisvõimsusel käivitamise tekkib tõenäoliselt rapsikoogi ülejääk. Seda võib kasutada kütusena kas lisatuna muu biomassi granuleerimisel pelletite tootmisel nende parema kvaliteedi saamise eesmärgil või ka eraldi pelletiseerimisega.

Kui kasutatakse spetsiaalselt biodiisli valmistamiseks väljaaretatud kõrge õlisisaldusega rapsi või mõne muu õlitaime pressimisel saadud šorti, mida ei tohi loomade toiduna kasutada, tuleb see põletada vastavalt jäätmepõletusmääruse nõuetele vastavalt. Šorti kütteväärtus on keskmiselt 22…25 MJ/kg.

Käesoleval aja Eesti šorti põletamise kogemus puudub, mistõttu ei ole teada vajadus sellise kütuse kasutamise võimalikest mõjudest soojusseadmete tööle.

Teisi suuremaid bioõlitootjaid Eestis ei ole teada ja puudub ka informatsioon nende ehitamise projektide kohta.

Teisena tuleks nimetada Paldiski Biodiisli tehases tekkivat glütserooli, mida tekib aastas ca 11 500 tonni.

Selle kasutamine sõltub glütserooli maailmaturu hinnast. Selle kasutamise kohta kütusena puuduvad Eestis kogemused. Kütteväärtus ca 20…25 MJ/kg.

Teiste sellise võimsusega tehase rajamise kohta Eestis andmed puuduvad. Väiksema võimsusega biodiisli tootmise tehaseid koondab Biodiisli ühing, mille summaarne tekkiva glütserooli kogus võiks olla samas suurusjärgus.

Loomsete toiduproduktide tootmise kõrvalsaaduste teket ja sellekohaseid sanitaareeskirju reguleerib Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrus (EÜ) nr 1774/2002, mille täitmine on kõigile liikmesriikidele kohustuslik.

Lähtuvalt EÜ määrusest liigitakse loomsed kõrvalsaadused 1. kategooria materjaliks, teise kategooria materjaliks ja 3. kategooria materjaliks.

1. kategooria materjal kuulub ohtlike jäätmete nimistusse (kood 18 02 02*), millega tegeleb Loomsete Jäätmete Käitlemise AS (LJK) Väike Maarjas. Selle ettevõtte toodanguna tekkivad 1. kategooria jäätmed: a) loomne rasv 1 400 tpa, mida kasutatakse lõpnud loomade ja mäletseja loomade määratletud riskiteguriga materjali, mis tuuakse kokku kõikidest tapamajadest üle Eesti, töötlemisel vajaliku auru tootmiseks ja ülejääv kogus tarnitakse Leetu kus see töödeldakse vastavalt Määruse 1774/2002 nõuetele biodiisliks; b) lihakondijahu ca 2500 tpa, mis kasutatakse (antakse tehasele koos jäätmekäitluse lisatasuga) lisakütusena koospõletamise režiimis Häädemeeste kergkruusa tehases; c) reovee biopuhastite settemuda, mida tekib keskmiselt 3%se kuivaine sisaldusega ca 40 000 m^3 aastas, mis pressitakse lintpresside abil kuni 15% kuivainesisalduseni, töödeldakse sama tehnoloogilise skeemi kohaselt kui loomsed jäätmed, kuivatatakse ja tarnitakse samuti Häädemeeste tehasele.

2. kategooria ja 3. kategooria materjal töödeldakse põhiliselt Rakvere Lihakombinaadis ja Valga Lihatööstuses. Nendes ettevõtetes tekivad jäätmed ei kuulu ohtlike jäätmete kategooriasse, mistõttu nende kasutusvaldkonnad on laiemad. Tekkivate materjalide vood on ligikaudu järgmised: a) loomne rasv ca 2 000 tpa, mis tarnitakse Poola ja Leedu ettevõtetele (reeglina seebivabrikud); b) lihakondijahu ca 3 200 tpa, mis tarnitakse Häädemeeste tehasele; c) reovee puhastuse biotiikide settemuda 2500 tpa kuivaine järgi, mida käesoleval perioodil kasutatakse põlluväetisena. Oma suhteliselt hea kuivaine kütteväärtuse tõttu (ca. 18 MJ/kg) võiks seda kasutada analoogselt Väike Maarjas kasutatava tehnoloogia järgi.

Rakvere Piiritusetehases tekib tehnoloogilises protsessis ca 51 400 tonni orgaanilise aine sisaldusega meski (vedel-tahkesegus) jäätmeid, mis tehnoloogia täiustamise tulemusena (2006.a.) eraldatakse tahkeks ja vedelaks komponendiks. Tahkefaas kuivatatakse mehaaniliselt ja turustatakse loomatoiduks, vedel jääk turustatakse (põllu)väetisena.

Õlletehastes kasutatav linnas ostetakse ~100%liselt sisse. Õllekeetmise protsessis tekkiv tahke orgaaniline kõrvalprodukt (raba) nõrutatakse kuivaks ja turustatakse loomatoiduna. Eesti õlletehastes tekib kokku ca 25 000 tonni 75…80% kuivainesisaldusega raba aastas. Tehnoloogia täiustamisega (kuivatamisel pelletiseeritult) on see materjal võimalik muuta turukaubaks ja sel juhul on kasutatav nii loomatoiduna kui ka kütusena.

Teksti lisas toodud tabelites on ESA andmed põllumajanduses ja sellega kaasnevates tehnoloogiates tekkivate jäätmete statistilised andmed 2005.a. kohta.

Nendest järeldub, et valdav enamus põllumajanduses, aianduses, vesiviljeluses, metsanduses, jahinduses ja kalapüügil ning toiduainete valmistamisel ja töötlemisel tekkinud jäätmed kasutatakse sekundaarse toormena. Ainult tühine kogus (0,72%) ladestatakse prügilatesse.

Tabel 2.3. Põllumajanduse ja sellega kaasnevate valdkondade jäätmebilanss Eestis 2005.a.

Jäätme kood	Jäätme nimetus	2005.a algul	Sissetulek	Välja-minek	Kogus aasta lõpus
02	Põllumajanduses, aianduses, vesiviljeluses, metsanduses, jahinduses ja kalapüügil ning toiduainete valmistamisel ja töötlemisel tekkinud jäätmed	174 131	637 103	648 165	163 069
18	Inimeste ja loomade tervishoiul või sellega seonduvatel uuringutel tekkinud jäätmed (välja arvatud köögi- ja söökla-jäätmed, mis ei ole tervishoiuga otseselt seotud)	32	1 114	1 098	48
19	Jäätmekäitlusettevõtete, ettevõtteväliste reoveepuhastite ning joogi- ja tööstus-vee käitlemisel tekkinud jäätmed	96 243	552 591	553 441	95 393
02 01	**Põllumajanduses, aianduses, vesiviljeluses, metsanduses, jahinduses ja kalapüügil tekkinud jäätmed**	172 042	476 436	486 982	161 496
02 07	**Alkohoolsete ja alkoholivabade jookide (välja arvatud kohv, tee ja kakao) tootmisjäätmed**	200	51 394	51 594	0
18 02	**Loomahaiguste uurimisel, diagnoosimisel, ravimisel või ärahoidmisel tekkinud jäätmed**	0	2	0	2
19 05	**Tahkete jäätmete aeroobsel töötlemisel tekkinud jäätmed**	0	2 225	0	2 225

2.3. Tehnoloogilisi lahendusi jäätmete põletamiseks

2.3.1. Tehnilised nõuded jäätmepõletustehasele

Eestis reguleerib jäätmete põletamist keskkonnaministri 4. juuni 2004. a. määrus nr 66 "Jäätmepõletustehase ja koospõletustehase rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded" (RTL, 21.06.2004, 83, 1316). Määruse nõuded kehtivad nii suurtele kui ka väikestele põletustehastele. Ainusaks erandiks, kus määruse nõudeid ei rakendata, on katsetehas, milles töödeldakse alla 50 t jäätmeid aastas. Keskkonnaohutuse tagamiseks tuleb jäätmepõletusseadmed varustada hulga mõõteriistade ja automaatseadmetega, mis koormab suhteliselt rohkem väikeste jäätmepõletustehaste investeeringuid.

Jäätmepõletusmääruse nõudeid ei kohaldata taoliste jäätmeliikide põletamisel, mis ei kujuta endast lisaohtu keskkonnale. Konkreetselt, määrust ei kohaldata tehastele, mis töötlevad ainult järgmisi jäätmeliike:

- põllumajanduse ja metsanduse taimseid jäätmeid;
- toiduainetetööstuse taimseid jäätmeid, juhul kui töötlemisel tekkiv soojus kasutataks7e ära;
- tselluloosi tootmise ja tselluloosist paberi tootmise kiulisi taimseid jäätmeid, juhul kui need põletatakse nende tekkekohas ja tekkiv soojus kasutatakse ära;
- puidujäätmeid, kui nad ei sisalda ohtlikke aineid.

Siinkohal ei käsitleta ohtlike ja vedelate jäätmete põletamisega seonduvat, vaid piirdutakse tavajäätmetega.

Tavajäätmete põletustehas peab vastama kindlatele tehnilisele tingimustele, milledest konkreetsemalt allpool.

Tehases tuleb saavutada jäätmete selline põlemistase, et põlemisel tekkinud räbu ja koldetuha orgaanilise süsiniku üldsisaldus (TOC) on alla 3% või nende kuumuskadu on alla 5% aine kuivmassist.

Jäätmete põlemisest tekkiva gaasi temperatuur peab pärast viimast põlemisõhu sisestamist tõusma vähemalt 850°C-ni ja olema selle temperatuuri juures vähemalt 2 sekundit.

Tehase iga jäätmepõletusseade peab olema varustatud vähemalt ühe abipõletiga, mis peab igas olukorras tagama põlemisgaaside nõutava temperatuuri. Vajaduse tekkimisel peab abipõleti sisse lülituma automaatselt. Abipõletit tuleb kasutada jäätmepõletusseadme käivitamisel ja seiskamisel. Abipõletit tuleb toita kütusega, mis ei põhjusta suuremat heidet kui see, mis tekib gaasiõli, vedeldatud gaasi või maagaasi põletamisel.

Tehasel peab olema automaatsüsteem, mis välistab jäätmete etteandmise põletamiseks, kui ei suudeta tagada eelpoolmainitud 850°C temperatuuri või kui nõutavad mõõtmised osutavad, et mõnda heite piirväärtust on ületatud puhastusseadmete häire või rikke tõttu.

Tehas peab vältima sellise heite õhku pääsemise, mis põhjustaks märkimisväärset õhusaastet maapinna lähedal. Heite õhku päästmine peab toimuma piisavalt kõrge korstna kaudu. Jäätmepõletusmäärus võimaldab ka väikest erandit jäätmete põletamistingimuste kohandamisel, kui on tegemist "puhaste" jäätmetega. Nimelt, eelpool mainitud temperatuurist (850°C) ja viibeajast (2s) erinevaid väärtusi võib lubada loaga, kui põletatakse ühte liiki jäätmeid ja kui käitaja tõendab, et jäätmete põletamise keskkonnamõju võrreldes eelnimetatud temperatuuri ja viibeaja juures põletamisega ei suurene.

Tabel 2.4. Eelmises tabelis (Tabel 2.3) toodud jäätmete lahtikirjutus

Jäätme Kood	2005.a algul	Sissetulek	..teke	..import	Välja-minek	..töötlus	..taas-kasuta-mine	..kõrval-damine	..prügi-lasse	..antud teistele	..eksport	Kogus aasta lõpus
02	174131	637103	636810	293	648165	569225	535554	33671	4613	73583	744	163069
18	32	1 114	1 114	0	1 098	607	184	423	422	69	0	48
19	96 243	552 591	552 582	9	553 441	404 591	402 862	1 729	21 783	24 671	102 397	95 393
02 01	172042	476436	476143	293	486982	486756	444499	24257	1677	16333	216	161496
02 02	1485	21102	21102	0	21367	14468	14134	334	2837	3534	528	1220
02 07	200	51394	51394	0	51594	2602	2602	0	0	48992	0	0
18 02	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
19 05	0	2 225	2 225	0	0	0	0	0	0	0	0	2 225

Kindel nõue on, et jäätmete põletamisel tekkiv soojus tuleb võimalikult suures ulatuses ära kasutada, olgugi et jäätmete põletamise peamiseks eesmärgiks on nendest vabanemine. Jäätmete põletamisel saadud soojust saab kasutada esmajoones kütteks ja elektri tootmiseks.

Jäätmepõletustehase poolt väljutatavates gaasides saasteainete sisaldus ei tohi ületada jäätmepõletusmäärusega kehtestatud piirväärtusi. See on võimalik ainult suitsugaaside puhastusseadmete olemasolul. Suitsugaaside puhasuseadmetes kasutatakse tavaliselt ka vett. Suitsugaaside puhastamisel tekkiva heitvee juhtimist suublasse tuleb nii palju kui võimalik piirata, kusjuures heitvee reostuskomponentide sisaldus ei tohi ületada jäätmepõletusmäärusega kehtestatud saasteainete piirväärtusi. Saasteainete sisalduse piirväärtuste saavutamiseks ei tohi reovett lahjendada.

Jäätmepõletustehase juurde kuuluvad jäätmete hoiukohad ei tohi olla keskkonna saasteallikateks. Tehas peab olema varustatud sademevee ja leketest ning tulekustutusest tekkinud vee piisavalt suure kogumismahutiga.

Tehase käitamisel tekib paratamatult ka jäätmeid, mida nimetatakse jääkideks, et eristada neid esialgsetest jäätmetest. Jääkide kogust ja ohtlikkust tuleb vähendada nii palju kui võimalik. Võimaluse korral tuleb võtta jäägid ringlusse. Jäätmete põletamisel jääkideks on koldetuhk, räbu, lendtuhk, suitsugaaside töötlemise kuiv saadus, reovee töötlemise sete, kasutatud aktiivsüsi jmt.

Olulise osa jäätmepõletustehase keskkonnale ohutu töö tagamisel on tehase varustatusel ajakohaste kvaliteetsete mõõteriistadega ja mõõtmisnõuetest kinnipidamisel. Käitajal tuleb tagada põletusseadmete mõõteriistadega varustatus ja nende pidev korrasolek. Käitajal tuleb kasutada mõõtemeetodeid, mis võimaldavad jälgida põletamise parameetreid, tingimusi ja ainete massisisaldusi suitsugaasides ning reovees.

Välisõhku väljutatavates suitsugaasides määratakse pidevalt saasteainete, nagu lämmastikoksiidide, süsinikoksiidi, summaarsete tahkete osakeste, TOC-i, vesinikkloriidi, vesinikfluoriidi, vääveldioksiidi, sisaldust. Pidevalt määratakse suitsugaaside temperatuuri põlemiskambris, väljuvate suitsugaaside hapnikusisaldust, rõhku ja temperatuuri. Vähemalt kaks korda aastas tuleb määrata raskemetallide, dioksiinide ja furaanide sisaldust väljuvates suitsugaasides. Heitvee väljutamiskohas tuleb teha pidevalt pH, temperatuuri ja vooluhulga mõõtmisi, hõljuvaine sisalduse määramist vooluhulgaga proportsionaalses keskmistatud proovis kord ööpäevas, Hg, Cd, Tl, As, Pb, Cr, Cu, Ni ja Zn sisalduse määramist ööpäevase vooluhulgaga proportsionaalses keskmistatud proovis vähemalt kord kuus ning dioksiinide ja furaanide sisalduse mõõtmist vähemalt kord kuue kuu jooksul. Mõõtmiste täpsem läbiviimine on sätestatud jäätmepõletusmääruses.

2.3.2. Jäätmepõletusseadmed

Kaasaegne jäätmepõletusseade toodab energiat (soojust ja elektrit) kõrge kasuteguriga garanteerides heitgaaside ning lendtuha efektiivse puhastuse tagades jäätmete mahu olulise vähenemise muutes ta inertseks tuhaks minimaalse keskkonnareostusega.

Jäätmepõletusseadmeid võib üldiselt liigitada:

- seadme võimsuse,
- põletatavate jäätmete liigi, (töötlemata jäätmed, jäätmekütus),
- põletusseadme tüüpide järgi.

Nn mass jäätmepõletusel kasutatakse erinevat tüüpi restkoldeid kus koksi põlemine toimub restil, lendosade põlemine – koldemahus. Sekundaar- ja primaarõhu õigete vahekordade

hoidmine tagab restile jääva koksi kui ka lendosade täieliku põlemise ja inertse tuha kogumise tuhapunkrisse. Tüüpilisemate seadmete tootlikkused jäävad piiridesse 10 – 50 tonni jäätmeid tunnis.

Kasutatakse ka spetsiaalselt konstrueeritud pöörahjusid või pöördahjusid tsemendi klinkri põletamiseks, erinevaid kaheastmelisi põletusseadmeid aga ka seadmeid vedelate ja gaasiliste jäätmete põletamiseks.

Kamberkolletest on jäätmekütuste põletamisel kasutusel ka keeriskolded.

Jäätmekütuse põletusseadmetena leiavad kasutamist ka keemiatööstuses ja energeetikas laialt levinud keevkihtseadmed.

2.3.2.1. Jäätmete ettevalmistusest põletamiseks

Lähtudes põlevate jäätmete eelnevast ettevalmistusest; sorteerimise astmest ja eelnevast töötlusest võib jäätmetest kui kütusest rääkida kahest aspektist lähtuvalt:

- jäätmeid põletatakse tema algsel töötlemata, sorteerimata kujul,
- jäätmeid põletatakse *jäätmekütusena (RDF)*; sorteeritud (sorteerimistehases, põletusseadme läheduses laoplatsil), eelnevalt töödeldud (kuivatud, kokku pressitud ehk briketeeritud, purustatud, jahvatatud, jne)

Esimest neist tuntakse kirjanduses *masspõletuse* all, sest sellisel juhul suunatakse kogu jäätmete massi algsel, töötlemata kujul põletusseadme koldesse. Ainul väga suured mittepõlevad komponendid nagu majapidamisest kõrvaldatud tarbetud seadmed ja mahukad esemed eraldatakse enne põletusseadmesse jõudmist. Jäätmekogumis autod tühjendavad oma koormad otse katlamaja territooriumil olevasse süvapunkrisse (jäätmehoidlasse). Haaratsiga varustatud sildkraana abil viiakse jäätmed mehhaanilise kütteseadme laadimispunkrisse. Hüdraulilised söötjad suunavad põletatavad jäätmed mehhaanilisele varbrestile. Põlevained põlevad lõplikult ära, tuhk langeb tuhapunkrisse kus ta läheb ümbertöötlemisele või lõpphoiustamisele (matmisele).

Teine põletusmeetod kasutab eelnevalt töödeldud jäätmeid ehk nn jäätmekütust (refuse-derived fuel, RDF). Jäätmed sorteeritakse, eraldatakse müümiskõlblikud, kasutuskõlblikud materjalid, eraldatud jäätmekütust töödeldakse vastavalt vajadusele (kuivatatakse, pressitakse, purustatakse, jahvatatakse). Selliselt saadud jäätmekütus suunatakse kütuse etteandesüsteemi ja sealt erinevate söötjate kaudu koldesse kett-või liikuvale kaldrestile, pöördahju, keevkihti jne. Restkolletes põletatakse jäätmekütus osaliselt restil, lendosised kolde ruumis. Hästi peenestatud jäätmekütust saab põletada ka suurtes energeetilistes kateldes segus tahkete energeetiliste kütustega eeskätt keevkihis.

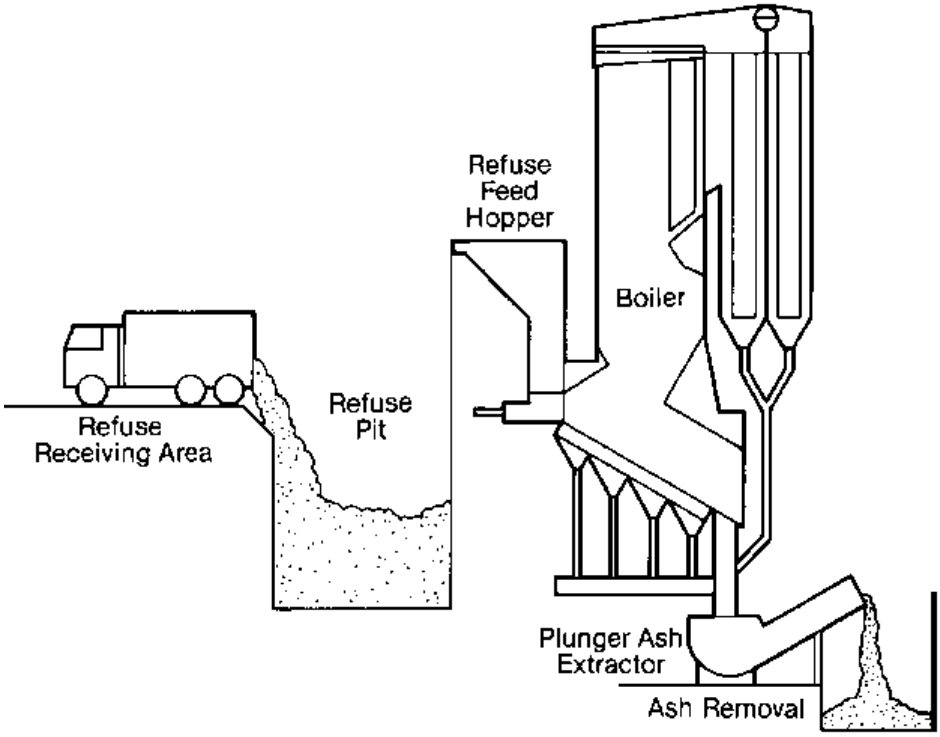
2.3.3. Jäätmete põletamine

Tahkete jäätmete mahu ja ka massi efektiivseks vähendamise meetodiks on kindlasti nende põletamine. Kaasaegsed jäätmepõletusseadmed on selleks otstarbeks spetsiaalselt projekteeritud, varustatud koldetuha ning lendtuha käitlemise ja suitsugaaside puhastusseadmetega. Põlemisel eralduvat soojust kasutatakse nii kaugküttes aga ka elektri tootmisel.

Tüüpiline põletusprotsess koosneb järgmistest etappidest:

- Jäätmete hoidmine ja ettevalmistamine põlemisseadme koldesse sisestamiseks.
- Põletamine koldes, mille tulemuseks kuumad gaasid, lend- ja koldetuhk aga ka sadestised küttepindadel.

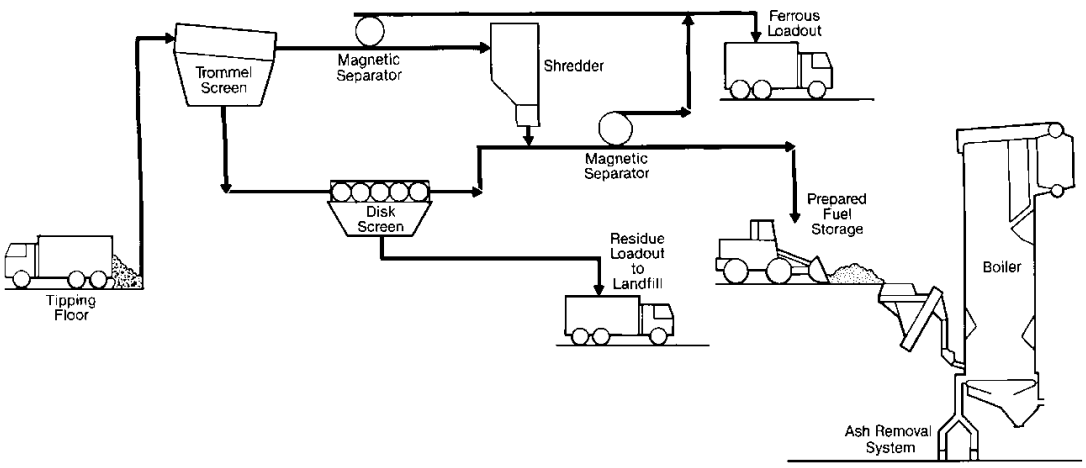
- Soojusülekanne katlas, mille tulemusena suitsugaaside temperatuur langeb ja lõpp-tulemusena toodetakse auru või kuuma vett.
- Kahjulike heitmete eraldamine suitsugaasidest ehk nn suitsugaaside puhastus.
- Kolde- ja lendtuha käitlemine.
- Puhastatud heitgaaside suunamine ning hajutamine atmosfääri suitsuimeja ja korstna abil.



Joonis 2.2. Masspõletus meetodi skeem

Puistes jäätmete maht võib põletamisel väheneda kuni 90%. Järelejääv osa on üldjuhul inertne tuhk, mis sisaldab mittepõlevaid komponente, klaasi, metalli jne. Suitsugaasid sisaldavad peale gaasiliste komponentide ka tahkeid osakesi ehk lendtuhka. Lendtuha ja kahjulike gaasiliste komponentide keskkonda sattumise vältimiseks suitsugaasid puhastatakse. Suitsugaaside puhastusseadmed koosnevad tsüklonist, multitsüklonist skraberist, kottfiltrist või elektrifiltrist. Tuhk ladestatakse tavaliselt prügilasse. Kui tuhk ei sisalda toksilisi aineid, võib teda kasutada täitematerjalina teedeehituses või muul taolisel ehitusel.

Väävli, lämmastiku ja klooriühendite eraldamine suitsugaasidest toimub vastavates puhastusseadmetes. Väävlipüüde seadmetes puhul kasutatakse nii märg kui ka kuivpuhastust.



Joonis 2.3. Jäätmekütuse (RDF) põletamise skeem

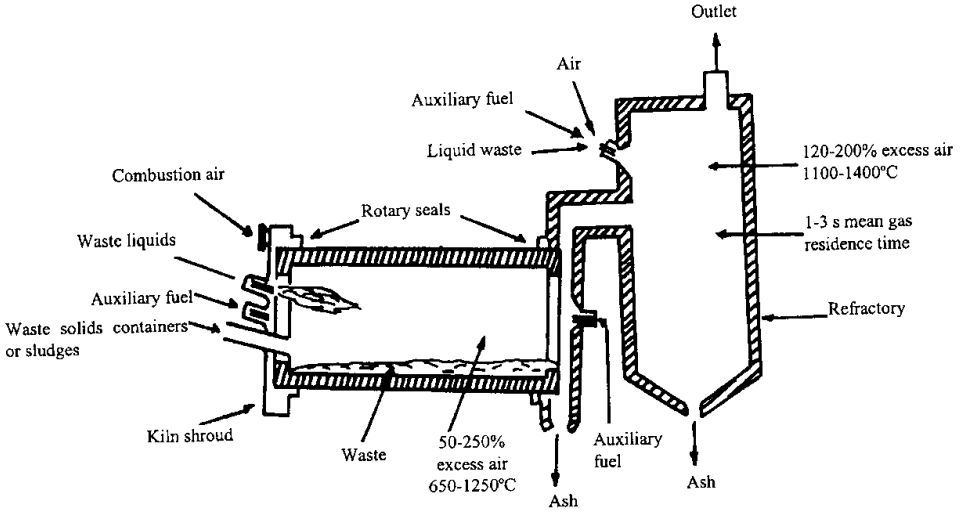
2.3.3.1. Kihis põletamine

Kihis põletustehnoloogia on laialdaselt levinud tahkete olmejäätmete põletamisel kogu maailmas. Selliste seadmete projekteerimisel ja kasutamisel on oluline teada selliseid jäätmekütuse olulisi näitajaid nagu niiskus, tuhasus ja lendosade sisaldus aga ka elementaarkoostist mis võimaldab hinnata seda kuidas jäätmeid põletada ning millised on gaasilised heitmed.

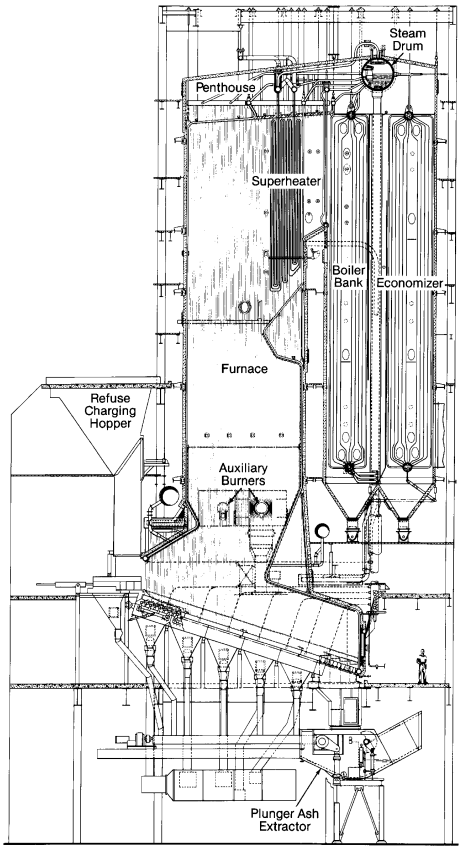
Niiskuse sisaldus raskendab oluliselt jäätmekütuse süttimist ning vähendab oluliselt jäätmekütuse kütteväärtust. Lendosad sisaldavad selliseid gaasilisi komponente nagu vesinik, süsinikmonooksiid, metaan, etaan ja teisi süsivesinikke. Lendosade sisaldus on oluline jäätmekütuse süttimise ja põlemise seisukohast. Tuhasus vähendab jäätmekütuse kütteväärtust ja esitab lisatingimusi tuhaärastussüsteemi võimsusele. Jäätmekütuse tuhk on heterogeenne ja sisaldab ka mittepõlevaid materjale nagu klaas, metall jmt.

Kaasaaegse jäätmepõletus põhielementideks on:

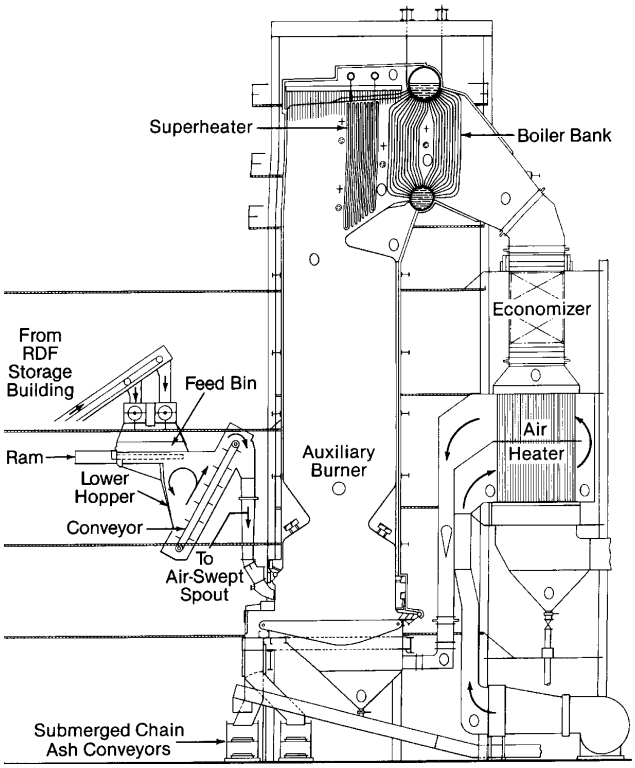
- jäätmete ladustamine
- jäätmete ettevalmistus süsteem
- jäätmete etteande süsteem
- kolderest
- kolle
- primaar- ja sekundaarõhu traktid
- soojusvahetuspinnad
- lendtuha püüdurid
- heitgaaside puhastus
- tuhaärastus süsteem



Joonis 2.4 Pöörlev põletusseade jäätmekütuse põletamiseks



Joonis 2.5. Restpõletus seade (ka masspõletamisel kasutatav)



Joonis 2.6. Kolmanda põlvkonna jäätmekütuse põletamise katelseade kettrest koldega

2.3.3.2. Keevkiht põletus

Tõuke keevkiht tehnoloogia rakendamiseks jäätmepõletuse andsid mitmed olulised tegurid, ilmnes, et keevkihis saab edukalt põletada suures valikus erinevaid jäätmeid, sealhulgas ka nii tahkeid olmejäätmeid kui ka tööstusjäätmeid, madalad kolde temperatuurid ja absorbendi lisamise võimalus koldeprotsessis võimaldab oluliselt vähendada kahjulikke heitmeid. Keevkiht seadme oluliseks elemendiks on rest, mille kaudu antakse keevkihi tekitamiseks ja kütuse põletamiseks õhku.

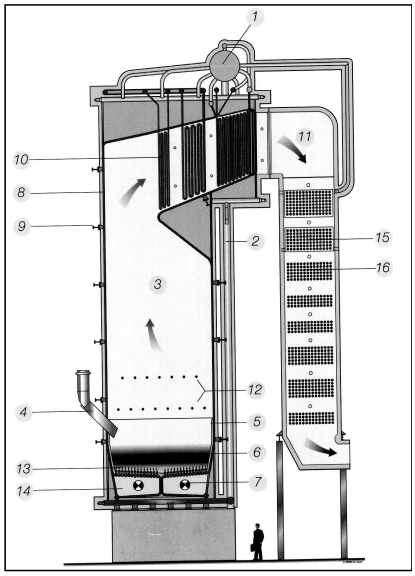
Resti konstruktsioon erineb tavalisest kolderestist nii konstruktsioonilt kui ka tunduvalt väiksema vaba ristlõike poolest. Keevkihtrest moodustab seda läbivale õhule eeltakistuse, mis on vajalik õhu ühtlaseks jagunemiseks kogurestipinna ulatuses. Keevkihis põletamiseks ettevalmistatud kütus sisaldab osakesi läbimõõduga kuni 10 mm. Enamiku kütuste põletamiseks on vaja kandvat kihti, milleks lisatakse koldesse peeneteralist inertset materjali, mis keeb koos kütuseosakestega. Mullilise ehk klassikalise keevkihi puhul peenemad ja kergemad osakesed kanduvad kihist välja ja võivad kolderuumist lahkuda lõpuni põlemata.

Olukord on parem kui kandva kihi (liiva) erikaal on suurem kütuse erikaalust. Sel juhul on piisav kui keeb kandevkiht ja suuremad kütuseosakesed põlevad kandvakihi pinnal.

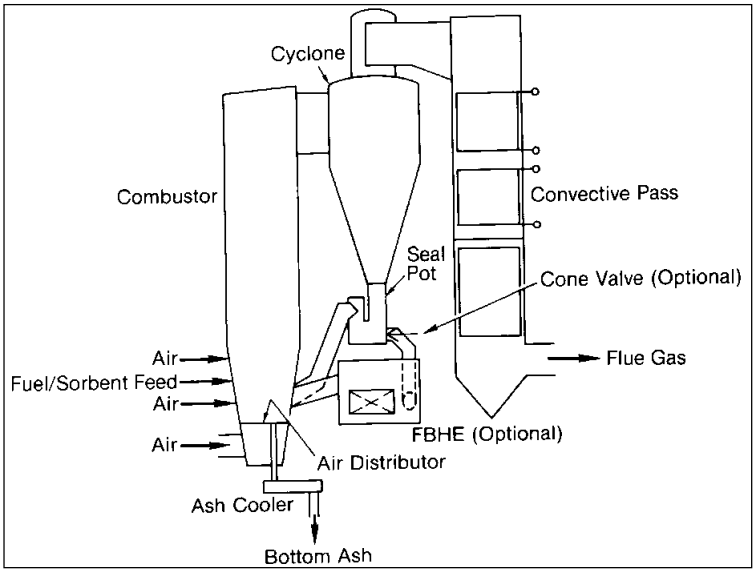
2.3.3.3. Tsirkuleeriv keevkiht

Tsirkuleeriva keevkihi puhul on rest läbiva õhu kiirus kaks ja enam korda suurem kui mullilise keevkihi puhul. Vajalik resti pind aga sama arv kordi väiksem. Tsirkuleeriva keevkihi puhul on gaaside kiirus kihis ja kolde ristlõikes enamiku kütuseosakest puhul suurem kui teine kriitiline kiirus, osakesed kanduvad kihist välja ja täidavad kogu kolde mahu. Neile lisanduvad ka tuha ja koksi osakesed mis uuesti koldesse satuvad. Tsirkuleeriva keevkihi puhul kasutatakse paremini ära kogu kolde mahtu kütuse osakeste põletamiseks ja väävli-ühendite sidumiseks kütusele lisatud või kütuses leiduvate karbonaatsete ühenditega.

Tsirkuleeriva keevkihi puuduseks loetakse tuhaosakeste ülemäärast peenenemist, mis suurendab elektri või kottfiltrite koormust lendtuha püüdmisel.



Joonis 2.7. Mulliline keevkihtseade



Joonis 2.8. Tsirkuleeriva keevkihiga katelseade

2.4. Energiakultuuride ja biokütuse segude põletusseadmete ja tehnoloogiate valiku põhimõtted

Tehnoloogiate valiku põhimõtted on sisuliselt leidnud käsitlemist alajaotuses 2.1.2. Edaspidises töös tehnoloogiate valiku põhimõtteid täpsustatakse.

2.5. Energiakultuuridest väärindatud biokütuste tootmise otstarbekuse hindamine ja Eesti jaoks sobivate seadmete valik

Väärindatud biokütuste all mõistetakse eelkõige kaht erinevale kujule muundatud kütust: briketiks ja pelletiteks. Erinevalt enamikust töötlemata biomassipõhistest kütustest on nii pelletite kui brikettide põhiliseks eeliseks nende kasutamine suhteliselt standardsetes kütteseadmetes, näiteks kaminates, ahjudes, väikekateldes, jne, samuti nende väärindatud kütuste mugav ja otstarbekas transportimine ning ladustamine. Viimased asjaolud loovad head võimalused ka nende kütuste ekspordiks, kuhu need kütused ka tavaliselt lähevad. Pelletite korral on eeliseks veel koldesse etteandmise ja põletusprotsessi automatiseeritavus, mis annab kasutajale suure mugavuse ja võimaluse lihtsalt üle minna näiteks kergelt vedelkütuselt pelletitele.

Puitpelletite tootmise otstarbekus on juba sedavõrd kinnitust leidnud, et nende tootmist piirab eelkõige tooraine (saepuru) ressurss. Puitpelleteid kasutatakse mingil määral ka Eestis, kuid laiemat levikut piirab praegu nende hinna tuntav sõltuvus ekspordihindadest ja on maksusoodustuste praktilise puudumise tõttu võrreldes kerge vedelkütuse ja gaasiga suhteliselt kõrge. Teine laialdast kasutamist piirav probleem on seotud müügivõrgu ja logistilise süsteemi puudulik seisukord. Ühelt poolt on pelletikasutajaid vähe sellepärast, et müügivõrk pole välja arenenud, teiselt poolt aga kasutajate väike hulk ei stimuleeri müügivõrgu loomisesse investeerima. Väikesi edusamme on siiski märgata ja tasapisi on pelletite põletusseadmed muutumas arvestatavaks alternatiiviks väikeste ja keskmiste kütteseadmete valikuks.

Kui puitpelletite ja brikettide tootmine ja vastavate briketeerimis- ja pelletiseerimisseadmete piisav olemasolu ei nõua siin täiendavat uurimist ning analüüsi, siis teiste biomassipõhiste materjalide nendeks kütusteks väärindamine nõuab ühelt poolt tootmisseadmete sobitamist nende materjalidele ning teiselt tuleb kontrollide nendest materjalidest toodetud brikettide-pelletite põletustehnilisi iseärasusi.

Lisaks puitpelletitele toimub näiteks Soomes ka turbapelletite tootmine ja kasutamine. Ajalooliselt algas Soomes turbapelletite tootmine juba üle kahekümne aasta tagasi. Kasutati kaht põhimõtteliselt erinevat pelletitootmise tehnoloogiat: rabas pelletite pressimine mobiilse seadmega ja ilma freesturvast ning pelleteid täiendavalt kuivatamiseta ning tehasepelletite tootmine, mille korral lähtematerjal kuivati samale tasemele kui brikettide tootmisel (alla 10% niiskuseni). Kuna sel ajal polnud spetsiaalseid pelletite põletusseadmeid veel praktiliselt olemas, siis ei olnud turbabrikettidel piisavat turgu ja nende tootmisel tekkis paus umbes viieteistkümne aastane paus.

Pärast puitpelletite põletustehnoloogiate plahvatusliku arenemisega Rootsis tekkis turba-pelletite tootmise taasalustamine uuesti päevakorda. Nüüd on turbapelletid osutunud väga sobivaks kütuseks keskmise võimsusega katlamajades, näiteks koolide ja maapiirkondade teiste lokaalkütteobjekti soojusega varustamiseks. Väikeseadmetes jääb turbapelletite kasutusmugavus (umbes 10 korda rohkem tuhka) puitpelletitele alla ja üheperemajade kateldes neid praktiliselt ei kasutata.

Eesti tingimustes võiks turbapelletite tootmine osutada konkurentsivõimeliseks, kuid seda põhiliselt eksporti silmas pidades. Eestis võiks turbapelleteid samuti kasutada maapiirkondade

lokaalkateldes, kuid reaalsete arengute prognoosimiseks oleks tarvis enne kohalikke turbapelleteid ja siis vähemalt mõnd katseobjekti nende kasutamise kogemuste hankimiseks. Kuna Eesti turbatööstuses on põhine tootmisvõimsus Soome firma Vapo Oy omanduses, siis kohalik initsiatiiv nendes arengutes suurt rolli ei mängi

Rohtse biomassi briketeerimisel ja pelletiseerimisel vajab iga biomassi liik praktilist katsetamist. Selleks on sobilik saata mõõduks kogus vastavat biomassi erinevaid presse kasutavatele tootjatele ja saada praktilist kogemust selle biomassi väärindamiseks. Edasi tuleb paratamatult läbi viia toodetud pelletite põletamise katsed.

Näide võimalikest probleemidest. Mitmed rohtsest biomassist valmistatud briketid ja pelletid ei põle! Tõenäoliseks põhjuseks on madal tuha sulamistemperatuur, mis arvatavasti põhjustab pelleti või briketi pinnal tuhakelme sulamise ja see kelme takistab hapniku juurdepääsu kütusetüki sisemusse. Arvatavasti peaks olema võimalik selliste pelletite põletustingimuste analüüsimise tulemusel anda soovitusi sellise põlemisrežiimi seadistamiseks, mis probleemi lahendaks. Kuna siiani on briketid-pelletid eelkõige eksportkaup, siis selliste iseäralike omadustega väärindatud kütustele ei ole lihtne eksporditurgu leida, vähemalt väikestes kogustes mitte ja kogu ettevõtmine võib osutuda läbikukkunuks.

Kokkuvõte eelnevast.

Toodud selgitustest peaks olema kerge jõuda järeldusele, et erinevate biomassi liikide väärindamiseks spetsiaalsete seadmete väljatöötamine pole Eesti turu piiratust silmas pidades otstarbekas. Seadmeid oleks otstarbekas valida katsetootmise alusel ja saadud kogemuste alusel võib olla vajalik valitud pressi antud biomassi jaoks vähesel määral kohanda. Enne rohtse biomassi massilise väärindamise juurutamist tuleb kontrollida toodangu põletamiseks vajalikke tingimusi ja otsustada toodete valmistamise otstarbekuse üle.

3. BIOGAASI TOOTMISE POTENTSIAAL – SOBIVAD TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED, VÕIMSUSED, ASUKOHAD, VÕRGU LOOMISE EELDUSED

3.1. Ülevaade biomassi ressurssidest biogaasi tootmiseks Eestis

3.1.1. Üldist

Üle maailma on üheks suurimaks probleemiks kerkinud olme-, tööstus- ja põllumajandusjäätmetest tingitud vee- ja õhureostus. Selle likvideerimiseks otsitakse uusi efektiivseid ja odavaid jäätmetöötlusmeetodeid. Üheks selliseks tehnoloogiaks on orgaaniliste jäätmete aeroobne või anaeroobne käitlemine ja viimase käigus biogaasi tootmine vastavates jaamades. See üksnes ei vähenda reostuskoormust vaid võimaldab ka energia (soojus, elekter), mootorikütuse ja väetise tootmist.

Turg biogaasi tehnoloogiale, nagu muudele keskkonna- ja energiatehnoloogiatele, on hoogsalt edenemas kasvava majandusega piirkondades nagu Aasia ja Lõuna-Ameerika, eriti aga Hiina ja India. Hiinas oli 2005. aastal biogaasi toodang 6,5 mld m^3 ning hinnanguliselt kasvab see 25 miljardi m^3 aastaks 2020 (umbes 150 TWh). 2007. aasta jaanuaris avalikustas Hiina valitsus plaani kahekordistada biogaasijaamade arv aastaks 2010.

Anaeroobsed protsessid toimuvad hapniku juuresolekuta. Protsessis osalevad anaeroobsed bakterid, kes kasutavad oma elutegevuseks ja paljunemiseks orgaanilisi ühendeid ja vett. Protsessi kaks peamist lõpp-produkti on süsinikdioksiid (CO_2) ja metaan (CH_4).

Biogaas – sisaldab 60 – 70% CH_4, 30 – 40% CO_2, 0 – 1% H_2S ja vähesel määral ka H_2 ja N_2. Põletatav osa gaasist on CH_4, mille kütteväärtus on kuni 10 kWh/m^3. Protsessis moodustuv biogaas on seega segugaas kütteväärtusega 6 – 7 kWh/m^3.

Biogaasi tootmiseks sobivad ja on mitmel pool maailmas kasutusel järgnevad biolagunevad materjalid (biomass ja orgaanilised jäätmed):

1. Olmejäätmed (nende biolagunev (orgaaniline) osa);
2. Tööstusettevõtete biolagunevad tootmisjäätmed ja –jäägid;
3. Biolagunevad põllumajandusjäätmed ja –jäägid taime-, looma- ja linnukasvatusest;
4. Reoveesetted ja –mudad;
5. Rohtne biomass [looduslikult kasvavad rohttaimed või spetsiaalselt kasvatatavad ja sileeritavad nn energiataimed (*energy crops*)];
6. Asulate prügilad (kogutakse nn prügilagaasi (*landfill gas*), mis oma omadustelt on sarnane eelmistest allikatest anaeroobse kääritamise protsessis saadava biogaasiga).

Vastavalt Jäätmeseadusele (RT I 2004, 9, 52) on **biolagunevad jäätmed** anaeroobselt või aeroobselt lagunevad jäätmed, nagu toidujäätmed, paber, papp, jm. Biolagunevate jäätmete hulka kuuluvad ka põllumajandus-, aia- ja pargijäätmed, puitjäätmed, reoveesetted ning loomsed väljaheited.

Olmejäätmed on kodumajapidamises tekkinud mitmesuguse koostisega jäätmed ning kaubanduses, teeninduses või mujal tekkinud oma koostiselt ja omadustelt kodumajapidamisjäätmetega samalaadsed jäätmed.

Ühe inimese kohta tekib segaolmejäätmeid hinnanguliselt 0,350 t/a. Segaolmejäätmetes sisaldub hinnanguliselt 70% biolagunevaid jäätmeid, millest omakorda kompostimiskõlbulikke jäätmeid on ka hinnanguliselt 70%.

Biolagunevad olmejäätmed (BLO) – elanikkonnalt regulaarselt kogutava segaolmeprügi biolagunev fraktsioon, lisaks sellele liigiti kogutavad biolagunevad jäätmed, samuti olmes tekkivate suurjäätmete (nt mööbel) biolagunev osa. Olmejäätmed sisaldavad **60–70% biolagunevaid jäätmeid** (massi %).

Kõik peatüki 3.1 järgnevates alapunktides esitatud lähteandmed on saadud kas Keskkonna-ministeeriumi Info- ja Tehnokeskusest või Eesti Maaülikooli spetsialistidelt.

3.1.2. Biolagunevad põllumajandusjäätmed looma- ja linnukasvatusest

Looma- ja linnukasvatuses tekkivatest biolagunevate põllumajandusjäätmetest maakondade kaupa esitatakse ülevaade järgnevas tabelis ja joonisel (vt Tabel 3.1 ja Joonis 3.1). Tabeli veergudes näidatakse eri loomaliikide sõnniku kogused ja nendest teoreetiliselt saadav biogaasi hulk. Esitatakse ka potentsiaalselt saadavad soojuse ja elektri hulgad juhul kui saadav biogaas põletada soojuse ja elektri koostootmise (SEK) seadmes ning summaarne SEKi võimsus iga maakonna kohta (viimane ei ole kasutatav SEKide planeerimiseks maakonnas, vaid näitab pigem SEKide potentsiaalset koguvõimsust maakonna kohta kui toorainena kasutatakse ainult sõnnikut). Toodud arvud on kõik teoreetilised ja saavutatavad juhul kui kõik tekkivad jäätmed suudetakse anaeroobselt käidelda ja tekkiv biogaas SEKides energiaks muundada. Tegelikkuses sõltub energiatootmises kasutatavate jäätmete hulk majanduslikust tasuvusest.

Alljärgnevalt on kirjas mitmed allikad ja eeldused, mille alusel arvutati tabelis toodud väärtused.

Biogaasihulkade arvutamiseks kasutatud koefitsiendid on saadud järgmistest kirjandus-allikatest:

- Energy Efficiency in Intensive Livestock Farming – Estonia. Danish Agricultural Advisory Service. Tallinn, 2004.
- Põllumajanduses kasutatavate biogaasiseadmete gaasitootlikus. Mecklenurger Biogas Gesellschaft MBH. Darmstadt, 2005.
- Eestis saadava sõnniku koguste andmed on saadud Eesti Maaülikoolist.

Keskmine sõnniku kuivaine (KA) sisaldus: veise-12%, sea-6%, lamba-25%, hobuse-24%, kana-24%, 40%.

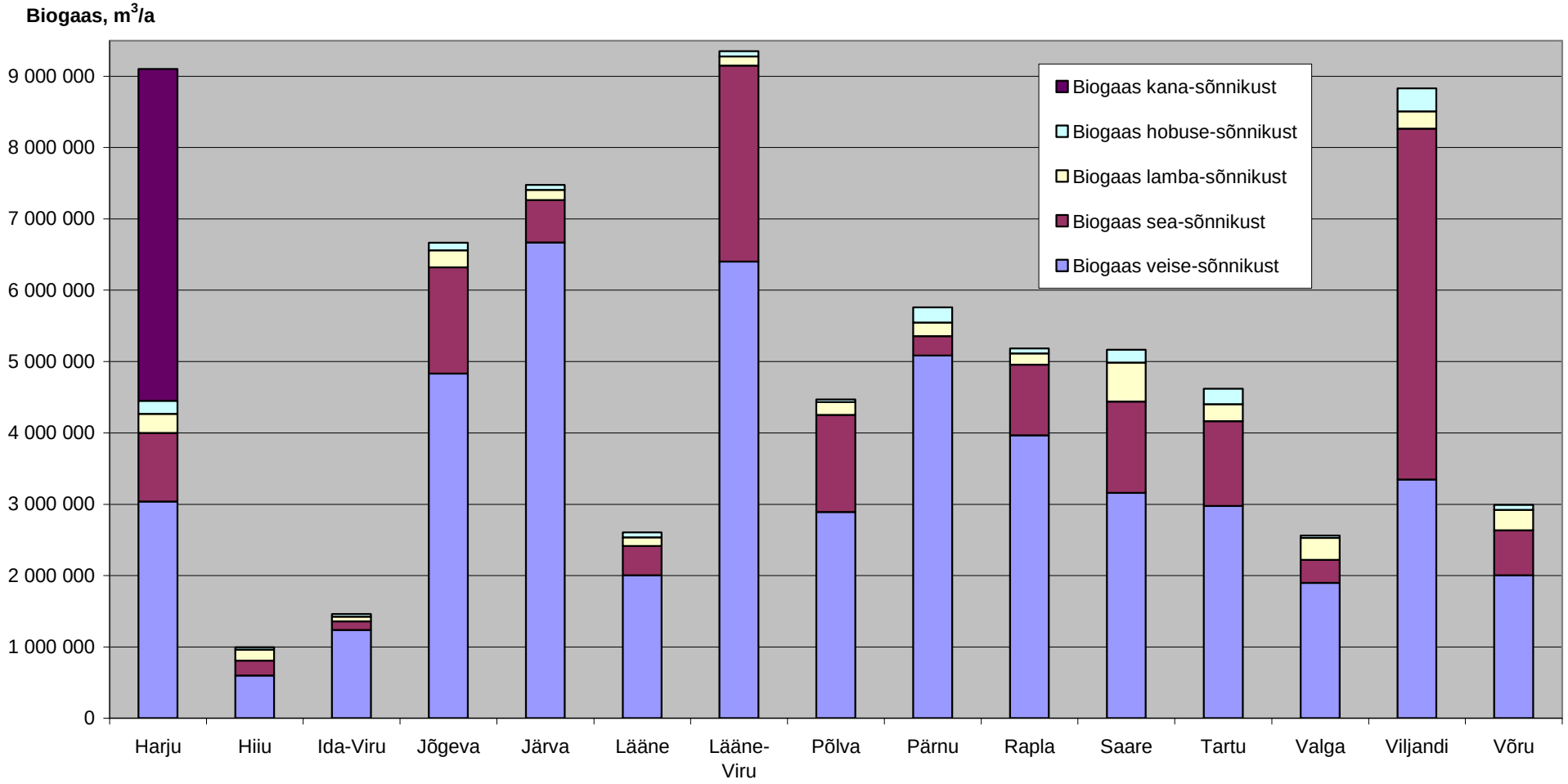
Biogaas sisaldab keskmiselt 65% metaani (CH_4). Metaani hulga arvutamiseks erinevatest sõnniku liikidest on kasutatud järgmisi keskmisi väärtusi:

veisesõnnik (CH_4/LO) – 250 m^3/t, seasõnnik – 350 m^3/t, lambasõnnik – 250 m^3/t, hobuse-sõnnik – 250 m^3/t, kanasõnnik – 350 m^3/t. LO – lendosad (lenduvad orgaanilised ühendid).

Elektri ja soojuse hulkade arvutustel on kasutatud Jenbacher mootori keskmisi kasutegureid: elektriline – 0,41, soojuslik – 0,42.

Tabel 3.1. Eesti põllumajanduses tekkivast sõnnikust saadav biogaasi teoreetiline hulk ja saadav energia (2006. aasta andmete alusel)

Nr	Maakond	Veise-sõnnik	Biogaas veise-sõnnikust	Sea-sõnnik	Biogaas sea-sõnnikust	Lamba-sõnnik	Biogaas lamba-sõnnikust	Hobuse-sõnnik	Biogaas hobuse-sõnnikust	Kana-sõnnik	Biogaas kana-sõnnikust	Biogaas kokku	Elektri toodang sõnnikust	Mootori elektriline võimsus	Soojuse toodang sõnnikust	Mootori soojuslik võimsus
		t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	m^3/a	MWh_{el}	MW_{el}	MWh_{sooj}	MW_{sooj}
1	Harju	82 247	3 036 812	37 275	963 415	3 511	270 077	2 400	180 185	35 000	4 652 308	9 102 797	22 338	2,8	23 048,3	2,9
2	Hiiu	16 226	599 114	8 086	208 992	1 997	153 615	480	36 037			997 758	2 448	0,3	2 526,3	0,3
3	Ida-Viru	33 570	1 239 508	4 536	117 238	895	68 846	480	36 037			1 461 629	3 587	0,4	3 700,8	0,5
4	Jõgeva	130 924	4 834 117	57 589	1 488 454	3 098	238 308	1 440	108 111			6 668 990	16 366	2,0	16 885,9	2,1
5	Järva	180 720	6 672 738	22 878	591 308	1 859	143 000	960	72 074			7 479 121	18 354	2,3	18 937,1	2,4
6	Lääne	54 272	2 003 889	15 975	412 892	1 515	116 538	960	72 074			2 605 394	6 394	0,8	6 596,9	0,8
7	Lääne-Viru	173 447	6 404 197	106 303	2 747 524	1 652	127 077	960	72 074			9 350 871	22 947	2,9	23 676,4	3,0
8	Põlva	78 331	2 892 222	52 658	1 361 007	2 341	180 077	480	36 037			4 469 342	10 968	1,4	11 316,4	1,4
9	Pärnu	137 709	5 084 640	10 453	270 170	2 479	190 692	2 880	216 222			5 761 724	14 139	1,8	14 588,7	1,8
10	Rapla	107 425	3 966 462	38 261	988 900	2 065	158 846	960	72 074			5 186 281	12 727	1,6	13 131,7	1,6
11	Saare	85 604	3 160 763	49 503	1 279 462	7 091	545 462	2 400	180 185			5 165 871	12 677	1,6	13 080,0	1,6
12	Tartu	80 569	2 974 855	46 150	1 192 800	3 098	238 308	2 880	216 222			4 622 185	11 343	1,4	11 703,4	1,5
13	Valga	51 475	1 900 615	12 425	321 138	3 993	307 154	480	36 037			2 564 945	6 294	0,8	6 494,4	0,8
14	Viljandi	90 640	3 346 708	190 320	4 919 040	3 167	243 615	4 320	324 332			8 833 695	21 678	2,7	22 366,9	2,8
15	Võru	54 272	2 003 889	24 456	632 094	3 718	286 000	960	72 074			2 994 057	7 347	0,9	7 581,0	0,9
Kokku:		**1 357 431**	**50 120 529**	**676 868**	**17 494 434**	**42 479**	**3 267 615**	**23 040**	**1 729 772**	**35 000**	**4 652 308**	**77 264 659**	**189 607**	**24**	**195 634**	**24**



Joonis 3.1. Põllumajandusest saadava biogaasi teoreetiline hulk loomaliikide kaupa

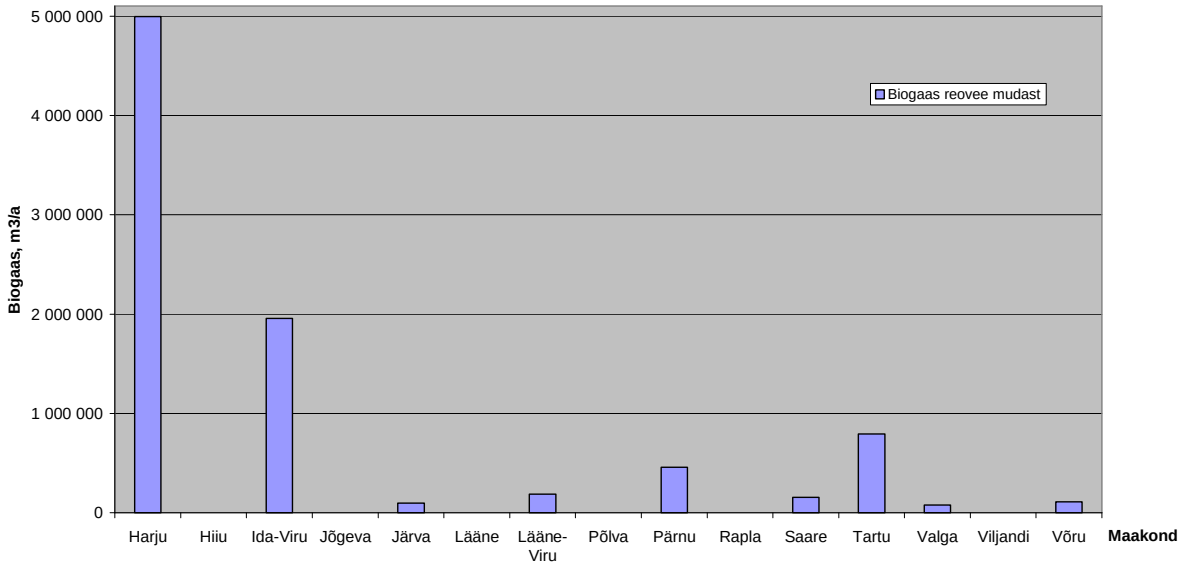
3.1.3. Reovee setted ja mudad

Järgnevates tabelites (vt Tabel 3.2ja Tabel 3.3) ning joonistel (vt Joonis 3.2 ja Joonis 3.3) esitatakse andmeid Eesti maakondade suuremate reoveepuhastusjaamade ja eraldi mõnede suuremate reoveepuhastusjaamade jääkmudast anaeroobse kääritamise teel saadava biogaasi potentsiaalne hulk.

Tabel 3.2. Eesti maakondade suuremate reoveepuhastusjaamade mudast saadav biogaasi hulk (2005 aasta andmed)

Nr	Maakond	Biogaas reovee mudast	Elektri toodang biogaasist	Mootori elektriline võimsus	Soojuse toodang biogaasist	Mootori soojuslik võimsus
		m^3/a	MWh_{el}	MW_{el}	MWh_{sooj}	MW_{sooj}
1	Harju	4 996 730	12 262	1,53	12 652	1,58
2	Hiiu	0	0	0,00	0	0,00
3	Ida-Viru	1 956 089	4 800	0,60	4 953	0,62
4	Jõgeva	0	0	0,00	0	0,00
5	Järva	98 160	241	0,03	249	0,03
6	Lääne	0	0	0,00	0	0,00
7	Lääne-Viru	188 480	463	0,06	477	0,06
8	Põlva	0	0	0,00	0	0,00
9	Pärnu	457 040	1 122	0,14	1 157	0,14
10	Rapla	0	0	0,00	0	0,00
11	Saare	155 069	381	0,05	393	0,05
12	Tartu	794 450	1 950	0,24	2 012	0,25
13	Valga	78 329	192	0,02	198	0,02
14	Viljandi	0	0	0,00	0	0,00
15	Võru	109 638	269	0,03	278	0,03
	Kokku:	**8 833 986**	**21 679**	**3**	**22 368**	**3**

Antud tabelis on biogaasihulga arvutamiseks kasutatud koefitsiendid ja andmed võetud kirjandusallikast Wastewater treatment plants. Syed R. Quasim. The Univercity of Texas at Arlington, 1999.



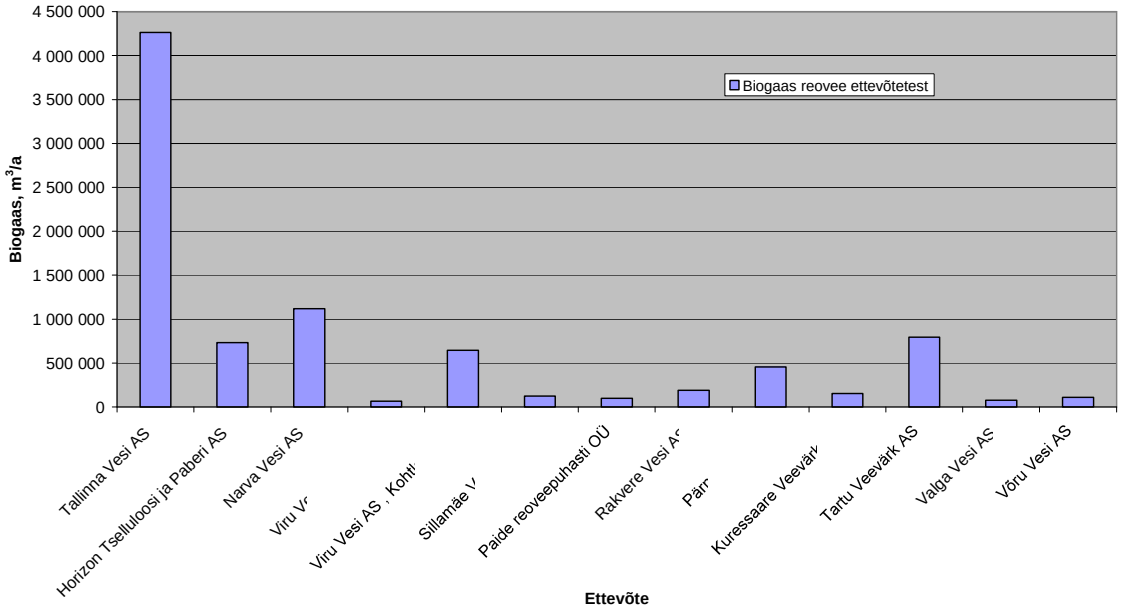
Joonis 3.2. Maakondade reoveemudast saadav biogaasi hulk

Tuginedes ASi Tallinna Vesi allikatele ja kogemusele, saaksime eeltoodud reoveepuhastusjaamade baasil toota 4 kuni 8 mln m^3 biogaasi aastas.

Mudast saadav biogaas sisaldab keskmiselt 65% metaani (CH_4). Biogaasi hulga arvutamiseks reoveemudast on kasutatud järgmist keskmist koefitsient: reoveemuda (CH_4/LO) – 500 – 750 m^3/t, keskmine 625 m^3/t. LO – lendosad (lenduvad orgaanilised ühendid).

Jääkmuda kuivaine (KA) sisaldus võib muutuda piires 2,5 kui 4%. ASi Tallinna Vesi Paljassaare reoveepuhastusjaama andmetel on jääkmudas 50% biolagunevat ainet veel säilinud.

Keskmiselt iga inimese väljaheidetest saab 0,03 – 0,004 m^3 biogaasi päevas, seega saaksime Eesti elanikelt hüpoteetiliselt 14 400 000 m^3 biogaasi aastas. Kui arvestada et Eestis elab 1 350 000 inimest, aga osa nendest on lapsed, siis saaksime veel väiksema hulga, mis lähedasem tabelis (vt Tabel 3.2) toodud väärtusele (tegelikult kõigi inimeste väljaheiteid ei koguta reoveepuhastusjaamadesse vaid need komposteeritakse tekkekohas).



Joonis 3.3. Eesti suuremate reoveepuhastusjaamade mudast potentsiaalselt saadav biogaasi hulk

Tabel 3.3. Eesti suuremate reoveepuhastusjaamade mudast saadav potentsiaalne biogaasi hulk (2005. aasta andmete alusel)

Maakond	Veekasutaja nimi	Vald/linn	Heitvee hulk	Sete	Biogaas	Elektri toodang settest	Mootori elektriline võimsus	Soojuse toodang	Mootori soojuslik võimsus
			t/a	t/a	m^3/a	MWh_{el}	MW_{el}	MWh_{sooj}	MW_{sooj}
Harju	Tallinna Vesi AS	Tallinn l	53 297 300	213 189	4 263 784	10 463	1,31	10 795,9	1,35
Harju	Horizon Tselluloosi ja Paberi AS	Kehra v-l	9 161 825	36 647	732 946	1 799	0,22	1 855,8	0,23
Ida-Viru	Narva Vesi AS	Narva l	13 969 584	55 878	1 117 567	2 743	0,34	2 829,7	0,35
Ida-Viru	Viru Vesi AS, Ahtme	Ahtme l-osa	843 283	3 373	67 463	166	0,02	170,8	0,02
Ida-Viru	Viru Vesi AS , Kohtla-Järve	Kohtla-Järve l	8 071 000	32 284	645 680	1 584	0,20	1 634,9	0,20
Ida-Viru	Sillamäe Veevärk AS	Sillamäe l	1 567 250	6 269	125 380	308	0,04	317,5	0,04
Järva	Paide reoveepuhasti OÜ	Paide l	1 227 000	4 908	98 160	241	0,03	248,5	0,03
Lääne-Viru	Rakvere Vesi AS	Rakvere v	2 356 000	9 424	188 480	463	0,06	477,2	0,06
Pärnu	Pärnu Vesi AS	Pärnu l	5 713 000	22 852	457 040	1 122	0,14	1 157,2	0,14
Saare	Kuressaare Veevärk AS	Kuressaare l	1 938 364	7 753	155 069	381	0,05	392,6	0,05
Tartu	Tartu Veevärk AS	Tartu l	9 930 630	39 723	794 450	1 950	0,24	2 011,5	0,25
Valga	Valga Vesi AS	Valga l	979 114	3 916	78 329	192	0,02	198,3	0,02
Võru	Võru Vesi AS	Võru l	1 370 480	5 482	109 638	269	0,03	277,6	0,03
Kokku:			**110 424 830**	**441 699**	**8 833 986**	**21 679**	**2,71**	**22 368**	**2,80**

3.1.4. Tööstusettevõtete biolagunevad tootmisjäätmed ja –jäägid

Selles alapunktis esitatud tabelitesse (vt Tabel 3.4 ja Tabel 3.5) on koondatud Eestis peamiste biolagunevate jäätmete liikide aastas tekkivad kogused, millest saab hõlpsalt biogaasi toota, kas lisandina teistele toorainetele või otse nendest. Samuti on arvutatud biogaasist saadavad soojuse ja elektri hulgad ja leitud SEKide mootorite koguvõimsused maakondade kaupa.

Tabel 3.4. Biolagunevatest jäätmetest saadavast biogaasist toodetava soojuse ja elektri potentsiaal (2004. ja 2005. aasta keskmised andmed)

Nr	Maakond	Biogaas blj kokku	Kütte-väärtus	Primaar-energia	Võimsus	h_{el}	Elektri toodang blj	Mootori elektriline võimsus	h_{sooj}	Soojuse toodang blj	Mootori soojuslik võimsus
		m^3/a	kWh/m^3	MWh	MW	%	MWh_{el}	MW_{el}	%	MWh_{th}	MW_{th}
1	Harju*	1 303 610	6	7 822	1,0	0,41	3 199	0,4	0,42	3 300,7	0,4
2	Hiiu	19 763	6	119	0,0	0,41	48	0,0	0,42	50,0	0,0
3	Ida-Viru	60 769	6	365	0,0	0,41	149	0,0	0,42	153,9	0,0
4	Jõgeva	957 229	6	5 743	0,7	0,41	2 349	0,3	0,42	2 423,7	0,3
5	Järva	42 534	6	255	0,0	0,41	104	0,0	0,42	107,7	0,0
6	Lääne	54 075	6	324	0,0	0,41	133	0,0	0,42	136,9	0,0
7	Lääne-Viru	4 809 346	6	28 856	3,6	0,41	11 802	1,5	0,42	12 177,3	1,5
8	Põlva	39 136	6	235	0,0	0,41	96	0,0	0,42	99,1	0,0
9	Pärnu	250 594	6	1 504	0,2	0,41	615	0,1	0,42	634,5	0,1
10	Rapla	0	6	0	0,0	0,41	0	0,0	0,42	0,0	0,0
11	Saare	476 054	6	2 856	0,4	0,41	1 168	0,1	0,42	1 205,4	0,2
12	Tartu	633 261	6	3 800	0,5	0,41	1 554	0,2	0,42	1 603,4	0,2
13	Valga	66 756	6	401	0,1	0,41	164	0,0	0,42	169,0	0,0
14	Viljandi	26 550	6	159	0,0	0,41	65	0,0	0,42	67,2	0,0
15	Võru	1 687 667	6	10 126	1,3	0,41	4 142	0,5	0,42	4 273,2	0,5
	Kokku:	**10 427 343**		**62 564**	**8**		**25 589**	**3**		**26 402**	**3**

Tabel 3.5. Eesti biolagunevatest jäätmetest saadav biogaasi hulk maakondade kaupa (2004. ja 2005. aasta keskmine)

	Maakond	Ljk	Biogaas Lkj	Tkj	Biogaas Tkj	Vadak	Biogaas vadakust	Piiritus dj	Biogaas dj	Skj	Biogaas skj	Muud blj	Biogaas mblj	Toidu-õli ja rasv	Biogaas tr	Turuj	Biogaas tj	Kokku blj	Biogaas blj kokku
		t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a
1	Harju*	11 781	600 164	10 787	354 139	153	4 980	0,2	23	270	21 298	1 956	226 970	41	20 785	954	75 252	25 942	1 303 610
2	Hiiu	372	18 951		0		0		0		0	7	812		0		0	379	19 763
3	Ida-Viru	573	29 191	7	230		0		0	12	947	262	30 402		0		0	854	60 769
4	Jõgeva	573	29 191	330	10 834	16 830	547 769		0		0	14	1 625	722	367 811		0	18 469	957 229
5	Järva	163	8 304		0		0		0	50	3 944	261	30 286		0		0	474	42 534
6	Lääne	443	22 568	4	131		0		0	22	1 735	255	29 590	0	51		0	724	54 075
7	Lääne-Viru	8 238	419 672	366	12 016		0	37 450	4 345 613	11	868	216	25 064	12	6 113		0	46 293	4 809 346
8	Põlva	473	24 096	140	4 596		0		0		0	90	10 443		0		0	703	39 136
9	Pärnu	3 056	155 683	256	8 405		0		0	86	6 784	610	70 783	16	8 151	10	789	4 034	250 594
10	Rapla		0		0		0		0		0		0		0		0	0	0
11	Saare	465	23 689	318	10 440	11 633	378 621		0	1	63	545	63 241		0		0	12 962	476 054
12	Tartu	243	12 379	365	11 983		0		0	5	394	3 545	411 354	387	197 151		0	4 545	633 261
13	Valga	688	35 049	5	164		0		0		0	267	30 982	1	560		0	961	66 756
14	Viljandi	382	19 460		0		0		0		0	51	5 918	2	1 172		0	435	26 550
15	Võru	2 030	103 415	64	2 101	48 611	1 582 150		0		0		0		0		0	50 705	1 687 667
	Kokku:	**29 480**	**1 501 811**	**12 642**	**415 039**	**77 227**	**2 513 520**	**37 450**	**4 345 636**	**457**	**36 032**	**8 079**	**937 469**	**1 181**	**601 794**	**964**	**76 040**	**167 480**	**10 427 343**

Märkused: on arvestatud, et käärimisjäägis on 50% biolagunevat ainet säilinud, nagu heitvee jaamades

Ljk - Loomsete kudede jäätmed
Tjk - Taimsete kudede jäätmed
dj - Destilleerimise jäägid
Skj - söökla ja köögijäätmed
blj (mblj) - (muud) biolagunevad jäätmed
tr - toiduõli ja rasv
tj - turujäätmed

3.1.5. Asulate prügilad

Siin alapunktis ei vaadelda kõigi Eesti prügilate baasil toota võiva prügilagaasi teoreetilist potentsiaali, vaid ainult nende oma, kus SEKide paigaldamine võiks eksperthinnangul olla majanduslikult tasuv (arvestades ka soojuse kasutamise võimalust).

Järgnevates tabelites (vt Tabel 3.6 – Tabel 3.8) esitatakse Eesti suuremate prügilate kohta prügi massid (M. Kriipsalu andmed, EMÜ), hinnanguline gaasitook, gaasi primaarenergia hulk ja sinna paigaldada võivate SEKide koguvõimsus. Kuna seni on Eestis kasutada vaid Pääsküla prügila gaasikogumise praktilisi kogemusi, on tabelis (vt Tabel 3.8). eraldi välja toodud selle alusel leitud SEKide võimsused ka teistele prügilatele.

Viimasel juhul tuleb arvestada asjaoluga, et Pääsküla prügila katmise eel mäemassi pandavate kastmistorude paigaldus ebaõnnestus (mõnedes piirkondades on niiskuse puudumisel gaasi väljatulek vähenenud või hoopis lõppenud). Seega prügila katmiseelsete tegevuste kvaliteetsem täitmine võimaldaks saada hiljem rohkem prügilagaasi ja sinna paigaldatavate SEKide võimsus võiks läheneda rohkem Tabel 3.7 andmetele. Pääsküla prügila on tabelites esitatutest ka seni ainukesena suletud. Muudes võib biogaasi hulk sulgemiseni jääva aja jooksul veel suureneda.

Tabel 3.6. Eesti suuremate prügilate prügi mass ja potentsiaalne gaasitoodang

Jrk nr	Prügila	Hinnanguline prügi mass, mln t	Hinnanguline gaasitook 20 a jooksul, mln m^3	Primaarenergia hulk, GWh
		Massi gaasitootlikkus	125 m^3/t	125 m^3/t
1	Pääsküla, Tallinn *	4	500	2500
2	Aardlapalu, Tartu (Lange)	1,5	187,5	937,5
3	Narva, Ida-Virumaa (Arumäe)	0,8	100	500
4	Pärnu, Pärnumaa	0,2	25	125
5	Võru, Võrumaa (Räpo)	0,1	12,5	62,5
6	Valga, Valgamaa	0,097	12,125	60,625
	Kokku	6,7	837,1	4185,6

Took – toodang, produktsioon

*) Säästva Eesti Instituudi (SEI) saab hinnangul 300 mln m^3. Prügila direktori hinnangul on Pääsküla prügilasse aastate jooksul ladestatud ~4 mln tonni prügi.

1 m^3 prügi kaalub ~200-220 kg. Prügilagaasi keskmine küttevääртus on ~5 kWh/m^3.

Tabel 3.7. Suurematesse prügilatesse paigaldatavate koostootmisjaamade võimsus (arvutuslik, kirjanduse andmete alusel)

Jrk nr	Prügila	Prügilagaasi aastas, mln m^3	Gaasi kulu tunnis, nm^3/h	Koostoomisseadme koguvõimsus, kW
1	Pääsküla, Tallinn *	15	1 700	~8 000 (4 tk)
2	Aardlapalu, Tartu (Lange)	3,5	400	1 800 (2 tk)
3	Narva, Ida-Virumaa (Arumäe)	1,8	200	1 000
4	Pärnu, Pärnumaa	0,45	51	250
5	Võru, Võrumaa (Räpo)	0,23	26	120
6	Valga, Valgamaa	0,23	26	120
	Kokku			11290

Tabel 3.8. Prügilatesse paigaldatavate koostootmisjaamade võimsus (Pääsküla praktiliste kogemuste alusel)

Jrk nr	Prügila	Prügilagaasi aastas, mln m^3	Gaasi kulu tunnis, nm^3/h	Koostoomisseadme koguvõimsus, kW
1	Pääsküla, Tallinn *	6	800-900	~3 700 (2 tk)
2	Aardlapalu, Tartu (Lange)	1,5	220	1 000
3	Narva, Ida-Virumaa (Arumäe)	0,7	100	500
4	Pärnu, Pärnumaa	0,18	25	125
5	Võru, Võrumaa (Räpo)	0,09	12,5	60
6	Valga, Valgamaa	0,09	12,5	60
	Kokku			5445

Kuue suurema Eesti prügila prügilagaasi energeetiline potentsiaal oleks 4 200 – 5 000 GWh 20 aasta jooksul ehk 210 – 250 GWh/a.

Kuues suletavas prügilas võiks olla potentsiaali gaasi kogumiseks energeetilistel eesmärkidel (SEK kütus või mootorikütus): Narva, Pärnu, Tartu, Viljandi Valga, Võru. Enne kui anda täpsemaid soovitusi, tuleb üle kontrollida ladestatud prügi maht (mass), teada prügilate vanust ja selgitada võimalusi kogumistorustike paigaldamiseks. Oluline on teada ka võimalikke prügilagaasi tarbijaid. Näiteks Saksamaa allikate põhjal võib teha järelduse, et 300 000 tonni mahutavast prügilas saab koguda tunnis sellise hulga gaasi, et oleks võimalik käitada umbes 500 kWse nominaalvõimsusega (kütuse järgi) soojuse ja elektri koostootmisseadet (käitamis-aeg sõltub prügila vanusest ja tema sulgemise ajast).

3.1.6. Rohtne biomass

Kui lähtuda, et Eestis on kasutamata maad 283,5 tuhat hektarit ja meie looduslike rohumaade produktsioonitase on 7,3 t/ha biomassi (märgkaalus), siis moodustaks kasutamata maalt saadav biomassi kogus 2,07 miljonit tonni, millest oleks võimalik toota biogaasi (Tabel 3.9). 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 või saaksid kasvada. Täpsem ülevaade antakse 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 (Hugo Roostalu koostatud peatükk „Põllumajanduses tekkiva biomassi ressursi hindamine“).

Tabel 3.9. Rohtsest biomassist saadav potentsiaalne biogaasihulk ja energia

Nr	Maakond	Kasutamata maa	Biomassi kogusaak	Biogaas	Elektri toodang biomassist	Mootori elektriline võimsus	Soojuse toodang biomassist	Mootori soojuslik võimsus
		ha	t/a	m^3	MWh_{el}	MW_{el}	MWh_{sooj}	MW_{sooj}
1	Harju	26 336	192 253	26 050 254	63 927	8	65 959	8
2	Hiiu	8 335	60 846	8 244 565	20 232	3	20 875	3
3	Ida-Viru	15 862	115 793	15 689 897	38 503	5	39 727	5
4	Jõgeva	20 246	147 796	20 026 331	49 145	6	50 707	6
5	Järva	13 181	96 221	13 037 986	31 995	4	33 012	4
6	Lääne	14 634	106 828	14 475 221	35 522	4	36 651	5
7	Lääne-Viru	27 722	202 371	27 421 216	67 292	8	69 431	9
8	Põlva	14 362	104 843	14 206 172	34 862	4	35 970	4
9	Pärnu	17 384	126 903	17 195 384	42 197	5	43 539	5
10	Rapla	17 177	125 392	16 990 630	41 695	5	43 020	5
11	Saare	24 770	180 821	24 501 246	60 126	8	62 037	8
12	Tartu	29 917	218 394	29 592 401	72 620	9	74 928	9
13	Valga	14 136	103 193	13 982 624	34 313	4	35 404	4
14	Viljandi	16 956	123 779	16 772 027	41 159	5	42 467	5
15	Võru	22 469	164 024	22 225 211	54 541	7	56 274	7
	Kokku	**283 487**	**2 069 455**	**280 411 166**	**688 129**	**86**	**710 001**	**89**

Märkused:

1 Rohtse biomassi saagikuseks rohumaadelt on võetud Eesti keskmine - 7,3 t/ha,

2 Arvutustes saadi biogaasi aastaseks koguseks 234 mln m^3, kui biogaasi tootlikus on 113 m^3/t biomassi kohta ja 330 mln m^3, kui rohtse biomassi silo biogaasi tootlikus on 158 m^3/t). Keskmiseks suuruseks on võetud 280 mln m^3, nagu esitatud tabelis 3.9.

3.1.7. Kokkuvõte

Selles peatükis esitatud Eesti biogaasi ressursid on indikatiivse iseloomuga ja valdavalt arvutatud kirjandusallikates toodud koefitsientide alusel. Teisalt on tulemused esitatud vaid maakondade ulatuses. Iga biogaasijaama ehitamise eel tuleb igal juhul teha teostatavus analüüs (saadava tooraine, tehniline, majanduslik, keskkonnakaitseline, sotsiaalne ja riski-analüüs) ja äriplaan, arvestades ka olemasolevate riiklike toetusskeemidega. Alles nende tulemuste alusel saab otsustada, kuhu ja millise võimsusega biogaasil töötavat soojuse ja elektri koostootmisjaama on võimalik ehitada. Seetõttu ei ole siin töös analüüsitud biogaasi tootmise võimalusi üksikettevõtete baasil, sest pole teada, kes, millal, kuhu ja millises tootmismahus soovib biogaasijaamu rajada.

Sõnnikust, reovee mudast, biolagunevatest jäätmetest ja suuremate prügilate baasil kokku oleks Eestis võimalik hinnanguliselt saada 336 GWh elektrit ja 354 GWh soojust aastas.

Kasutamata maadel kasvatatavatest energiakultuuridest saada võivat biogaasi kogust ei saa veel hinnata, sest selle aruande koostajatel puuduvad seni lähteandmed.

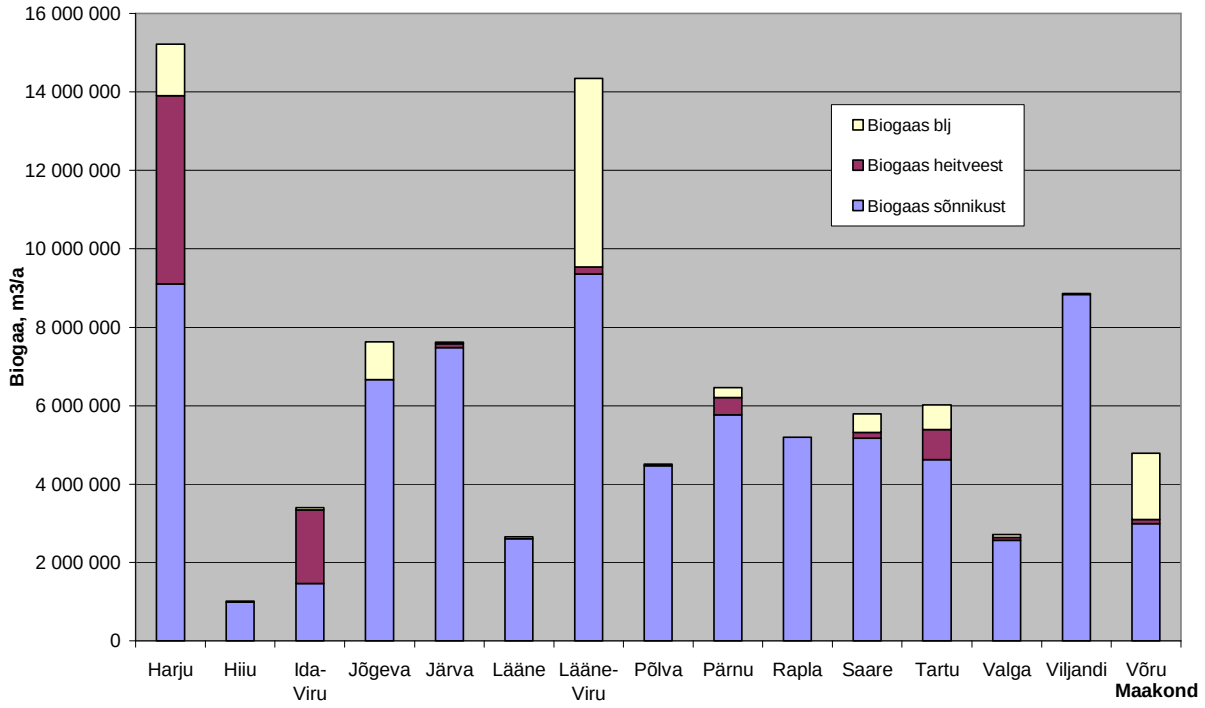
Tabelites (vt Tabel 3.10 ja Tabel 3.11) ja joonisel (vt 3.4). esitatakse sõnnikust, reovee mudast ja biolagunevatest jäätmetest saadava biogaasi hulk, genereeritav energia (soojus, elekter) ja SEKi mootorite koguvõimsus maakondade kaupa ja Eestis kokku.

Tabel 3.10. Eestis sõnnikust, reovee mudast ja biolagunevatest jäätmetest saadava biogaasi hulk

Nr	Maakond	Sõnnik kokku	Biogaas sõnnikust	Reovee muda	Biogaas heitveest	Blj	Biogaas blj	Biogaas kokku
		t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	t/a	m^3/a	m^3/a
1	Harju	160 433	9 102 797	62 459 129	4 804 548	25 942	1 303 610	15 210 955
2	Hiiu	26 789	997 758	0	0	379	19 763	1 017 521
3	Ida-Viru	39 481	1 461 629	24 451 117	1 880 855	854	60 769	3 403 253
4	Jõgeva	193 051	6 668 990	0	0	18 469	957 229	7 626 219
5	Järva	206 417	7 479 121	1 227 000	94 385	474	42 534	7 616 039
6	Lääne	72 722	2 605 394	0	0	724	54 075	2 659 469
7	Lääne-Viru	282 362	9 350 871	2 356 000	181 231	46 293	4 809 346	14 341 448
8	Põlva	133 810	4 469 342	0	0	703	39 136	4 508 478
9	Pärnu	153 521	5 761 724	5 713 000	439 462	4 034	250 594	6 451 779
10	Rapla	148 711	5 186 281	0	0	0	0	5 186 281
11	Saare	144 598	5 165 871	1 938 364	149 105	12 962	476 054	5 791 030
12	Tartu	132 697	4 622 185	9 930 630	763 895	4 545	633 261	6 019 341
13	Valga	68 373	2 564 945	979 114	75 316	961	66 756	2 707 017
14	Viljandi	288 447	8 833 695	0	0	435	26 550	8 860 245
15	Võru	83 406	2 994 057	1 370 480	105 422	50 705	1 687 667	4 787 145
	Kokku	2 134 818	**77 264 659**	110 424 834	**8 494 218**	167 480	**10 427 343**	**96 186 220**

Tabel 3.11. Sõnnikust, reovee mudast ja biolagunevatest jäätmetest saadav energia

Maakond	Elektri toodang sõnnikust	Soojuse toodang sõnnikust	Elektri toodang reovee mudast	Soojuse toodang reovee mudast	Elektri toodang blj	Soojuse toodang blj	**Elektri toodang kokku**	**Soojuse toodang kokku**	Mootorite elektriline võimsus kokku	Mootorite soojuslik võimsus kokku
	MWh_el	MWh_{th}	MWh_{el}	MWh_{th}	MWh_{el}	MWh_{th}	**MWh_{el}**	**MWh_{th}**	MW_{el}	MW_{th}
Harju	22 338	23 048	11 790	12 165	3 199	3 301	37 328	38 514	4,67	4,81
Hiiu	2 448	2 526	0	0	48	50	2 497	2 576	0,31	0,32
Ida-Viru	3 587	3 701	4 616	4 762	149	154	8 352	8 617	1,04	1,08
Jõgeva	16 366	16 886	0	0	2 349	2 424	18 715	19 310	2,34	2,41
Järva	18 354	18 937	232	239	104	108	18 690	19 284	2,34	2,41
Lääne	6 394	6 597	0	0	133	137	6 526	6 734	0,82	0,84
Lääne-Viru	22 947	23 676	445	459	11 802	12 177	35 194	36 313	4,40	4,54
Põlva	10 968	11 316	0	0	96	99	11 064	11 415	1,38	1,43
Pärnu	14 139	14 589	1 078	1 113	615	635	15 833	16 336	1,98	2,04
Rapla	12 727	13 132	0	0	0	0	12 727	13 132	1,59	1,64
Saare	12 677	13 080	366	378	1 168	1 205	14 211	14 663	1,78	1,83
Tartu	11 343	11 703	1 875	1 934	1 554	1 603	14 771	15 241	1,85	1,91
Valga	6 294	6 494	185	191	164	169	6 643	6 854	0,83	0,86
Viljandi	21 678	22 367	0	0	65	67	21 743	22 434	2,72	2,80
Võru	7 347	7 581	259	267	4 142	4 273	11 748	12 121	1,47	1,52
Kokku	189 607	195 634	20 845	21 507	25 589	26 402	**236 041**	**243 544**	**29,5**	**30,4**



Joonis 3.4. Eestis sõnnikust, reovee mudast ja biolagunevatest jäätmetest saadavad biogaasi hulgad

3.1.8. Soovitused

1. Soodustada igati biogaasi tootmise ja energiaks (mootorikütuseks) muundamise laiendamist.
2. Kõikvõimalikud biolagunevad jäätmed ja -jäägid, mida saab anaeroobselt töödelda (põllumajandus, tööstus, teenindus, olmesfäär jt) tuleb selektiivselt koguda ja biogaasiks muundada. Töötlemisjäägid vääristada väetiseks.
3. Eraldi kääritada reoveesetted ja -mudad (nende käärimisjääk ei sobi reeglina väetiseks).
4. Suurematest prügilatest kogutavat biogaasi tuleks kasutada SEKide käitamiseks või mootorikütuse valmistamiseks. Enne prügilate sulgemist rajada sinna gaasikogumise ja veejuhtimise torustikud ning paigaldada muu vajalik seadmestik.
5. Prügilad ja reoveepuhastusjaamad ja nende käitamine on suures osas riiklikus või munitsipaalomanduses olevate ettevõtete käes (või osaliselt). Suurematest tulekski alustada ja tellida tasuvuse uuringuid ja äriplaane.
6. Eraettevõtetes saab huvi tekitada, kui tegevus muutub kasumlikuks. Viimast soodustab olemasolevate riiklike regulatsioonimehhanismide täiustamine ja täiendavate välja-töötamine (toetab ka üleilmne heitmekaubandus).
7. Biogaasijaamu koos biogaasil töötavate soojuse ja elektri koostootmisseadmetega rajada reeglina kohtadesse, kus on piisava võimsusega energia tarbijad (siin peamiselt soojuse, nagu kaugküttevõrk, aiand, kuivatid jms).
8. Mootorikütust tootvaid biogaasijaamu võib rajada ka suuremate tooraineallikate juurde (prügila, jäätmejaam, reoveepuhastusjaam, suurem loomafarm jms).

9. Kasutamata maadel energiakultuuride kasvatamisega ja sellest valmistatavast silost biogaasi produtseerimise propageerimisega tuleks olla ettevaatlik. See võib viia põllumajandusliku tootmise tasakaalust välja (Saksamaa näide) ja põhjustada ka üldist hinnatõusu.

3.2. Biogaasi tootmise tehnoloogiad ja seadmestik Euroopas ja Eestis

Euroopas on biogaasi tootmine anaeroobse kääituse teel laialt levinud. Peab tõdema, et ei ole olemas ühtset skeemi (seadmestikku) biogaasi tootmiseks ning iga jaama konfiguratsioon sõltub konkreetsest olukorrast (tooraine olemasolu ja koostis, asukoht jne). Samuti on erinevate jaamade käitamiskogemused näidanud, et vaatamata sellele, et protsess on automatiseeritud, sõltub väga palju operaatorist, kes automaatikat juhib ja seadistab, st iga süsteem tuleb eraldi häälestada, et saada maksimaalne biogaasi toodang. Samuti on äärmiselt olulised kääritatavas massis (üks lähteallikas või erinevate segu) toimuvad mikrobioloogilised protsessid ja nende juhtimine (mineraallisandid, toitained, ensüümid).

Kääritusmeetodeid on mitmeid sõltuvana sellest, mis võetakse liigitamise aluseks kas toitesüsteem, temperatuur, lähteaine kuivaine sisaldus või muud parameetrid. Tabel 3.12. tutvustab üht võimalikku kääritusmeetodite maatriksit.

Tabel 3.12. Kääritusmeetodite maatriks

Toitesüsteem	Protsessiastmed	Temperatuur	Lähteaine kuivainesisaldus
Tsükliline	Üheastmeline	Psührofiilne	Vedelkääritus
Salvestav	Kaheastmeline	Mesofiilne	Kuivkääritus
Vahelduv	Mitmeastmeline	Termofiilne	
Läbivooluga			
Läbivooluga salvestav			

Näitena olgu tutvustatud ühte olulist, toorme kuivainesisalduse järgi eristatavat kahte anaeroobse kääritamise meetodit:

- madala kuivaine sisaldusega anaeroobne kääritamine (märgmeetod ehk vedelkääritamine);
- kõrge kuivaine sisaldusega anaeroobne kääritamine (kuivmeetod ehk kuivkääritamine),

Madala kuivaine sisaldusega anaeroobsel kääritamisel on kuivainesisaldus kääritatavas segus (massis) 4–10%. Kui tooraine kuivainesisaldus on kõrgem, tuleb seda vedeldada. Tavaliselt kasutatakse veeldamiseks reovett. Selle protsessi käigus tekib 1,5 – 2,5 m^3 biogaasi 1 m^3 reaktori mahu kohta (biogaas sisaldab 50 – 70% metaani), ajaline kestvus on ≈ 20 ööpäeva. Protsessi kestvus sõltub temperatuurist, kääritatava massi hulgast ja toitainete sisaldusest.

Kõrge kuivaine sisaldusega anaeroobsel kääritamisel on toorme kuivainesisaldus reaktoris 25 – 35% (mõnedes allikates alates 12% ülespoole). Seda meetodit võib nimetada kui kuiv anaeroobne komposteerimine. Protsessi kestvus on 16 – 21 ööpäeva, biogaasi tekib 5 – 8 m^3 1 m^3 reaktori mahu kohta (biogaas sisaldab ~55% metaani).

Biogaasijaamu võib lähtematerjali etteande järgi jaotada ka järgmiselt:

- Tsüklilise toimega;
- Pideva toimega;
- Pool-tsüklilise toimega.

Tsüklilise toimega jaamad täidetakse ja tühjendatakse pärast kindlat kääritusaega. Sellist tüüpi jaamade korral ei ole gaasiväljastus pidev.

Pidevtoimelistes jaamades toimub täitmine ja tühjendamine jooksvalt. Tühjenemine toimub ülevooluga, kui uus materjal juhitakse reaktorisse. Seetõttu peab lähtematerjal olema vedel ja homogeenne. Gaasi tootmine on pidev ja suurem kui tsüklilise toimega jaamade korral. Tänapäeval töötavad enamus jaamasid selle põhimõtte järgi.

Tahkete lähteainete kääritamiseks kasutatakse kuivkääritusprotsessi, mis võib olla nii mitte-pideva- kui pidevatoimeline.

Kuivkääritamine

Kuivmeetodit iseloomustab üldjuhul mittepidev tsükkel, mis tähendab, et näiteks biogaasi kasutamisel gaasimootoris ei ole tagatud pidev gaasi pealevool. See probleem on lahendatav, kui kasutada mitut kääritit korraga selliselt, et alati vähemalt üks toodab biogaasi. Samas ei tohi ära unustada, et gaasi koostis on mõnevõrra erinev pidevatoimelise tsükli omast. Nimelt käivitamise faasis on gaas tavapärasest CO_2 rikkam.

Kui näiteks sõnnikut ja rohtu (silo) kääritatakse koos, siis võib biogaasijaam opereerida pool-tsüklilise toime järgi. Aeglaselt kääriv rohtne biomass juhitakse reaktorisse kaks korda aastas tsükliliselt. Sõnnikut lisatakse ja eemaldatakse regulaarselt pidevatoimeliselt.

Kuivkääritustehnoloogiatest on tuntumad: BIOFerm® süsteem, BEKON®, Ratzka meetod, Linde-Laran meetod (selle meetodi korral segatakse värske materjal eelnevalt kääritatud materjaliga, st pressitud kääritusjäägiga). Kompogas meetod (praegusel ajal on seda meetodit edukalt rakendatud biolagunevate jäätmete ja jääkide kääritamisel. Tekkiv biogaas juhitakse otse ilma vahesalvestuseta gaasimootorisse).

3.2.1. Biogaasi tootmise tehnoloogiad ja seadmestik Eestis

Läänemaal Linnamäe farmis ja Pärnu Seavabrikus Saugal töötasid nõukogude ajal 8 aasta jooksul biogaasi tootmise ja kasutamise süsteemid. Mõlemad seadmed on seisatatud seoses majandusliku situatsiooni muutustega 1990ndate alguses (Pärnu Seavabrik on likvideeritud) ning Linnamäel ka sõnniku kääritamismahuti lekkimisega. Nende taaskäivitamist pole teada-olevalt analüüsitud.

Biomassi ja orgaaniliste jäätmete anaeroobne käitlemine (biogaasistamine) tänapäeva Eestis ei ole veel laialt levinud, kuid siiski leidub üksikuid kohti, kus toimub biogaasi tootmine – Paljassaares AS Tallinna Vesi reoveepuhastusjaamas ja farmibiogaasijaamas Valjala vallas Jööri külas. Paljasaares käivitab biogaasil töötav sisepõlemismootor kompressorit, mis omakorda varustab aeratsioonitanke õhuga (biogaasi kasutatakse ka oma hoonestiku kütmise vajadusteks toimivas katlamajas) ja Jööril on võimalik biogaasi baasil käitada soojuse ja elektri koostootmisseadet. Kõigis Eestis biogaasijaamades kasutatakse vedelkääritamises tehnoloogiat.

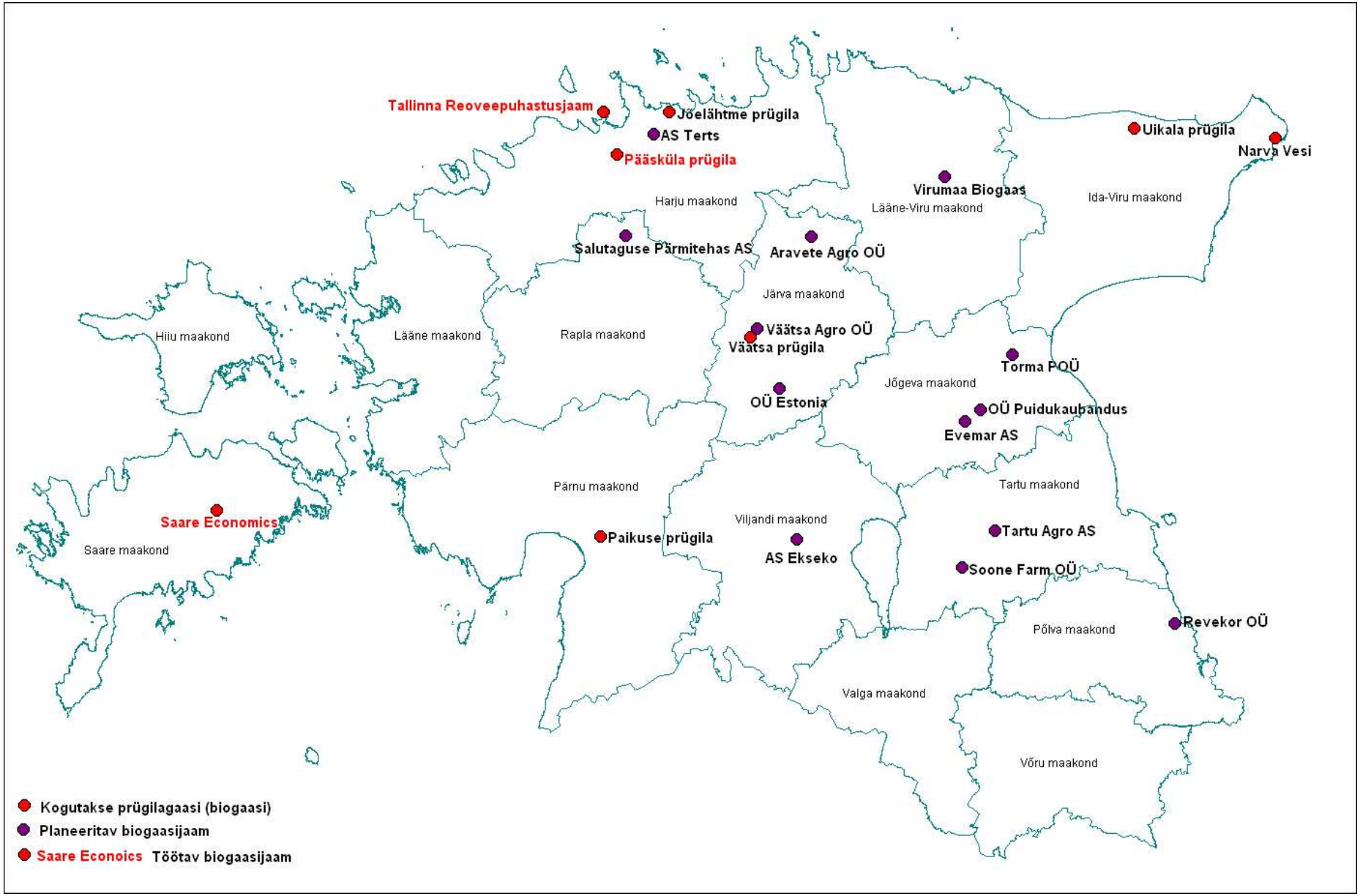
Samuti toimub praeguseks juba suletud Pääsküla prügilas prügilagaasi kogumine, komprimeerimine ja selle suunamine kahte soojuse ja elektri koostootmisjaama (SEK). Prügilagaasi kasutatakse seega soojuse ja elektri koostootmiseks aga ka ASle Tallinna Küte kuuluvas katlamajas soojuse tootmiseks.

Prügilagaasi kogumissüsteem on välja ehitatud ka Jõelähtmes asuvas AS Tallinna Prügila prügilas, Uikala prügilas ja Väätsa prügilas. Momendil eelpool mainitud prügilates kogutavat prügilagaasi (sisuliselt samuti biogaas ~55 – 60%lise metaani sisaldusega) energia tootmiseks ei tarvitata, vaid see põletatakse kohapeal küünalpõletis (välditakse CO_2st ohtlikuma kasvuhoonegaasi sattumist atmosfääri), kuid käesoleval ajal uuritakse võimalusi Jõelähtme ja Uikala prügilagaasi kasutamiseks energeetilistel eesmärkidel.

Reoveepuhastite jääkmudast anaeroobse kääritamise teel saadava biogaasi kasutamist soojuse ja elektri koostootmiseks on uuritud teadaolevalt ASs Narva Vesi (toimub jääkmuda anaeroobne kääritamine ja saadav gaas põletatakse küünalpõletis) ja ASs Tartu Veevärk (plaanitakse SEKi ehitamist).

Seoses biomassi ja bioenergia edendamise arengukava vastuvõtmisega on jõustunud mitmed uued toetusskeemid, mis on teinud biogaasijaamade rajamise ettevõtetele ja investoritele atraktiivsemaks. Alustatud on uurimis-arendustööga mitmete uute farmibiogaasijaamade ehitamiseks. Joonisel (vt Joonis 3.5) olevale kaardile on kantud Eestis töötavad ja kavandatavad biogaasijaamad.

Põllumajanduslikul toormel töötavate komplekssete biogaasijaamade (BGJ+SEK+ jäägi väärindamine) ehitusmaksumus jääb keskmiselt piiresse 30 – 60 mln krooni, kui jaamade elektriline võimsus on piirides 0,5 – 1,0 MW. Hind sõltub ka kasutatavast tehnoloogiast ja jaama täiuse astmest (nt kas on olemas pastörisaatorid jne). Prügilagaasi kogumissüsteemi ja sellel töötava SEKi rajamine tuleb hinnalt odavam ja jääb piiresse 15-25 mln krooni olenevalt samuti prügila suurusest, gaasi tarbija kaugusest ja SEKi võimsusest. Kui on soov biogaasist mootorikütust toota, siis tuleb arvestada kahekordse BGJ hinnaga (ilma SEKita). Ainult prügilagaasist mootorikütuse tootjate kohta andmed puuduvad, kuid pilootseadmete hindu (Jyväskylä prügilas) ei saa kasutada võrdluse aluseks.



Joonis 3.5. Eestis töötavad ja kavandatavad biogaasi (prügilagaasi) jaamad

3.3. Võimalikud tehnoloogilised lahendused biogaasi tootmiseks ja selle muundamiseks energiaks Eestis.

Biogaasijaamades toodetavat või prügilatest kogutavat biogaasi (prügilagaasi) on võimalik kasutada kas otse (eemaldatakse kondensvesi) või puhastatuna (eemaldatakse CO_2 ja kahjulikud komponendid nt H_2S) nii energeetilise kütusena (k.a kodumajapidamine), mootorikütusena kui ka lähteainena biovesiniku saamiseks ja keemiatööstuses. Kasutamise rakendamiskoha ja hulga määravad tehnilis-majanduslikud arvutused, turu nõudlus ja riiklikud toetusskeemid.

3.3.1. Biogaas kodumajapidamise kütusena (toidu valmistamiseks)

See on tehniliselt teostatav, kuid vajalik on täiendav vahelüli balloongaasi tootmiseks ja transportimiseks kodudesse. Teisest küljest ei ole gaasipliitide kasutamine enam väga populaarne. See võimalus on pigem omane arengumaadele (väga levinud Hiina, India jm selle regiooni riikide kodumajapidamistes), kus vaestes maapiirkondades puudub elekter või on see väga kallis ja kasutatakse primitiivseid biogaasi tootmise tehnoloogiaid (talu või ühepere-elamu jäätmete baasil) gaasi saamiseks.

Eestis ilmselt laialdast kasutamist ei leia, kuid üksikud entusiastlikud meistrimehed võivad oma kodumajapidamise jäätmete kääritamiseks ja biogaasi tootmiseks vajaliku seadmestiku ehitada ja toiduvalmistamiseks vajaliku energia oma jäätmetest saada. Tootmine võib muutuda tasuvaks, kui Venemaalt imporditava maagaasi hind ja ka kohaliku puitkütuse hind edaspidi jõudsalt kasvab.

3.3.2. Soojuse ja elektri (koos)tootmine

See kasutusviis on kõige enam levinum ja valdavalt tulutoovaim, kuna nn rohelise elektrile rakendatakse kõrgendatud ostutariife ja/või muid riikliku ja kohaliku toetuse instrumente. Gaasi saab kasutada tootmiskoha vahetus läheduses, kuid vajalik on elektriühenduse loomine ülekandevõrguga ning soojuse müügiks ühendus soojustarbija(te)ga. Osa soojust tuleb kasutada ka omatarbeks (osa elektritki võib kasutada omatarbeks, kuid omatarbeelektri võib ka sisse osta, olenevalt kasutuspaketist ja hinnapoliitikast). Teine võimalus on gaasi transportimine soojustarbija juurde pikema maa taha ja põletada gaasi seal ja toota seejuures soojust ja elektrit, selle asemel, et ehitada kaugküttetorustik tarbijateni. Sobivaima lahenduse määrab tehnilis-majanduslik arvutus. Gaasi põletatakse peamiselt gaasimootorites, kateldes ja mikroturbiinides. Enamus tootjaid seab biogaasis sisalduvale väävelvesinikule (H_2Sile) piirmääraks 200 ppm, et ei tekiks seadmetes korrosiooniprobleeme.[3]

Mikroturbiinide korral on vaja prügilagaasi puhastada siloksaanidest, et vältida põlemisel tekkivate SiO_2 poolt põhjustatavat metalli erosiooni (kulumist) suurtel suitsugaasi liikumis-kiirustel.[4]

Farmibiogaasijaamade rajamine ja toodetava biogaasi laialdane kasutamine energia tootmiseks Eestis vajaks senisest arvukamate toetusskeemide käivitamist ja suuremate rahasummade eraldamist. Välistatud ei ole üksikute suurfarmide sõnniku integreeritud käitlemissüsteemi käivitamine eesmärgil saada energiat ja väetist ning leevendada keskkonnasaastet. Vastavaid uuringuid on tehtud näiteks ASile Tallegg Lool, OÜle Estonia

[3] Energetische Nutzung von Biogas: Stand der Technik und Optimierungspotential. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2001.

[4] C. Hayles. Oulu Minicipal Solid Waste Management's Landfill Gas (LFG) Utilization Project: Converting a Liability into an asset.

Oisus ja ASle Ekseko Viiratsis aga ka mujal asuvate farmide sõnniku käitlemiseks ning biogaasi tootmiseks.

3.3.3. Jahutus- ja kuumutusprotsesside käivitamine (adsorptsioonjahutusseade ja adsorptsioonsoojuspump)

Biogaasi põletamisest saadavat soojust saab kasutada kas adsorptsioonjahutusseadmes või adsorptisoonsoojuspumbas toimuvates protsessides vastavalt siis kas jahutamiseks või soojuse tootmiseks. Selliste seadmete rakendamine on Eestis põhimõtteliselt võimalik, kuid lähitulevikus pole ette näha nende laialdast levikut suurte investeeringute tõttu. Seni ainuke sellel tehnoloogial töötav seade asub ASs Filter ja töötab loodusliku gaasiga.

3.3.4. Mootorikütus

Biogaasi on võimalik kasutada mootorikütusena nn gaasiautodes või tavaautodes, millele on lisatud täiendavalt gaasiseadmestik ja -mahuti. Selleks tuleb ehitada vastavad tanklad. Kui on tegemist ainult gaaskütusel sõitva autoga, siis peab arvestama sellega, et sõidukaugus on piiratud (rajada tuleb tanklakett). Eestis on olemas tanklaid, kus müüakse autodele maagaasi otse paaki (spetsiaalsed erimaterjalist paagid, kuhu surutakse biogaas 200 baarise rõhuni) ja samuti on autosid, mis sõidavad veeldatud maagaasiga (balloonigaas). Siiski on biogaasi laialdane kasutamine mootorikütusena veel uurimis- ja arengustaadiumis, kuid mitmetes riikides juba aastaid kasutusel. Samuti on vaja biogaasi eelnevalt puhastada (eemaldada nt H_2S, CO_2 jm kahjulikud komponendid) ning saavutada maksimaalselt suur metaani sisaldus (95 – 98%).[5] Näiteks Rootsis ja Šveitsis kasutatakse biogaasi mootorikütusena[6] ja samuti on Rootsis kehtestatud biogaasi koostisele nõuded, millised tuleb täita, et biogaas oleks autokütusena kasutuskõlbulik. Soomes on seni ainuke biogaasi tankla Kalmari farmis Jyväskyläst 12 km kaugusel, mis varustab surugaasiga aastaringselt 7 – 8 sõiduautot. Läbisõit ühe paagitäiega (20 – 26 kg metaani) ulatub kuni 400 – 450 kilomeetrini. Autod töötavad nii bensiiniga kui biogaasiga vastavalt soovile ja vajadusele ning ühelt kütuselt teisele üleminek toimub nupulevajutamisega.

3.3.5. Biogaasi veeldamine (vedelgaas balloonides)

Biogaasi saab veeldada ja transportida seda pikemate vahemaade taha. Veeldatud gaasi kasutamine oleks eelkõige otstarbekas ka gaasipliitide või autode kütusena.

3.3.6. Kütuselemendi (fuel cell) kütus

Kütuselemendis kasutamiseks on vaja saavutada biogaasis maksimaalne metaani sisaldus ja puhastada gaas kütuselementi rikkuvatest gaasidest (CO_2, H_2S, NH_3) ja siloksaanidest[7]. Tänapäeval on nimetatud kasutusviis alles uurimis- ja arendusstaadiumis[8] ning ei ole kommertseesmärkidel rakendust leidnud, selle vaatamata on rajatud pilootseadmeid[9].

---

[5] Energetische Nutzung von Biogas: Stand der Technik und Optimierungspotential. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2001.
[6] O. Jönsson. Biogas upgrading and use as transport fuel.
[7] http://www.energyagency.at/projekte/biogas_fuelcell.htm
[8] Energetische Nutzung von Biogas: Stand der Technik und Optimierungspotential. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2001.
[9] http://www.oregon.gov/ENERGY/RENEW/Biomass/FuelCell.shtml

3.3.7. (Bio)vesiniku tootmine

Biogaas sisaldab metaani ning seega on olemas võimalus toota ka biogaasist vesinikku. Vesinikku saab kasutada kütuselementides või transpordivahendite mootorites, kuid üldjuhul näeb biogaasi kasutamise tehnoloogia ette integreeritud reformerit (muudab metaani vesinikuks) koos kütuselemendiga.

3.3.8. Juhtimine maagaasivõrku

Biogaasi kütteväärtus on vahemikus 5,5 – 7,0 kWh/m^3, keskmine 6,0 kWh/m^3.[10] Võrdluseks – maagaasi keskmine kütteväärtus Eestis on 9,3 kWh/m^3. Selleks, et juhtida biogaasi maagaasivõrku, peab esimese kvaliteet vastama viimase kvaliteedile, mistõttu on vaja korraldada eelnev biogaasi puhastamine. Eestis on selle võimaluse rakendamist ka varem kaalutud, kuid AS Eesti Gaas ei ole seni huvi ilmutanud. Saksamaal peetakse biogaasi juhtimist maagaasivõrku tänasel päeval veel kalliks (majanduslikult põhjendamatuks), kuid vastavaid uuringuid tehakse hoogsalt mitmel pool riigis, sest tulevikus võib see osutuda tasuvaks (eriti, kui täidetakse eesmärk viia biogaasijaamade arv 20 000ni aastaks 2015).

3.3.9. Põllumajandusliku tooraine kääritusjäägi kasutamine väetiseks või kütusena

Põllumajandusliku (loomasõnnik, rohtne biomass, muud biolagunevad taimed, rasvad jne) kääritusjäägi kasutamine põldude väetamiseks on Euroopas laialt levinud. Kääritusjäägist endast lämmastik- või fosforväetiste tootmine on põhimõtteliselt võimalik, kuid selle otstarbekuse määrab ära ettevõtmise majanduslikkus. Levinuimate viisidena kasutatakse kas vedela kääritusjäägi nn süstimist (vastavate seadmetega) põllupinda või põllule laotamist ja kohest sissekündmist. Teiseks saab kääritusjääki mehaaniliselt kuivemaks pressida (tahkeaine sisaldus 25 – 30%) või spetsiaalsetes seadmetes kuivatada (niiskuse sisaldus 8 – 12%) ja granuleerida. Mõlemal juhul kasutatakse saadavat materjali kas otse väetisena või ka kompostilisandina. Kuivatatud ja granuleeritud jääkmuda sobib kasutamiseks ka katla-kütusena (soovitav lisakütusena tahketele fossiilkütustele või biokütustele).

Peamised nõuded jääkmuda kasutamisel põllumajanduses

Peamine risk muda kasutamisel põllumajanduses on pinna, põhja- ja joogivee reostus. Kui reoained akumuleeruvad pinnasesse, siis see mõjutab pinnase viljakust, taimede kasvu ja kvaliteeti, loomade ja inimeste tervist toiduahelas.[11] Reoveesetet tuleb töödelda aeroobse või anaeroobse stabiliseerimisega, sealhulgas tuleb setet kompostida või töödelda keemiliselt või termiliselt. Töötlemine on vajalik selleks, et mudas sisalduv orgaaniline aine muudetaks pinna- ja põhjaveele, mullale, taimedele, loomade ja inimese tervisele ohutuks.

Töödeldud reovete jääkmuda ei tohi kasutada maal, kus kasvatatakse köögivilja- või marjakultuure ning ravim- või maitsetaimi. Kui sete on laotatud pinnasele, siis aasta jooksul pärast laotamist ei tohi kasvatada köögiviljakultuure ning ravim- või maitsetaimi toiduks või söödaks ja kahe kuu jooksul pärast laotamist karjatada loomi või varuda loomasööta. Maa peale laotatud sete või settesegu tuleb sisse künda või katta mullaga kahe ööpäeva jooksul pärast laotamise algust. Reoveesetet ei tohi laotada külmunud maale ega lumele. Kasutada ei tohi setet, kus on fekaalseid coli-laadseid baktereid 100 milliliitris üle 1000 pesa moodustava ühiku (PMÜ) ja helmintide mune 1 liitris üle 1 (munade aritmeetiline keskmine liitri kohta).[12]

---

[10] Biogasanlagen in der Landwirtschaft.Vom Landwirt zum Energiewirt. Agenda 21 Herzogenaurach Arbeitskreis Energie.
[11] Külling et al, 2001.
[12] Keskkonnaministri määrus nr 78. 30. detsembri 2002.

Kääritusjäägi väetisena või kütusena kasutamise:

Eelised

- Peaaegu 100% toitainete tagasisaamine orgaanilisest ainest (lämmastik, kaalium ja fosfor) juhul, kui lagundatud materjal küntakse sisse kohe pärast põllule laotamist. Tekib hügieeniline väetis, samas ei ole riski taime- ja loomahaiguste levitamiseks. Pärast lagunemist on lämmastik taimedele kättesaadavam.
- Lõhnade vähenemine, võrreldes sellega, kui laotada põldudele lagundamata materjali.
- CO_2 neutraalne energia genereerimine elektri ja soojuse kujul;
- Tekib aseaine kunst(mineraal)väetistele.

Puudused

- Vajalik on jäätmete sorteerimine tekkekohas.
- Kiudained tuleb täiendavalt komposteerida juhul, kui lagujääki kavatsetakse kasutada aianduses või põllumajanduses (puudub vajadus, kui kasutada kütusena).
- Tuleb luua turg vedelale väetisele enne, kui hakatakse rajama töötlusmeetodit. Juhul kui jääkvedelik on väga väikese toitainete sisaldusega, võib seda suunata avalikku kanalisatsiooni, vastasel korral vajab eritöötlust;
- Kui kasutada kütusena reoveesetete kuivatatud käärimisjääki peab põletusseade vastama jäätmepõletusnõuetele (võib sisaldada raskmetalle ja muid ohtlikke ühendeid).

3.4. Soovitused tehnoloogiate valikuks tulevastele investoritele koos konkreetsete viidetega Euroopa tuntumatele projekteerimisfirmadele, seadmete tootjatele ja tehnoloogia tarnijatele

Reovee mudade, sõnniku ja bioloogiliselt lagunevate tööstusjääkide anaeroobseks töötlemiseks ja biogaasi tootmiseks sobib valdavalt kasutada märgmeetodit, mõnede bioloogiliselt lagunevate jäätmete (põllumajandusest) ja rohtse biomassi anaeroobseks töötlemiseks võiks kasutada ka kuivmeetodit. Igal juhul tuleb enne biogaasijaama (BGJ) kavandamist selgeks teha saada olevate toormaterjalide kogused ja iseloom, teha kasutatava massi ja nende segude kääituskatsed ja selle alusel otsustada lõplikult, millist tehnoloogiat (sageli lisaaineid) ja seadmeid oleks sobiv kasutada. Eestis seni head kogemused BGJde rajamiseks puuduvad, mistõttu tuleb abi ja teabe saamiseks pöörduda välisfirmade poole, kuid seejuures tuleks kindlasti ka kodumaiseid asjatundjaid kaasata, et oleks saadud parim võimalik tulemus.

Tuntumad firmad, kellelt võiks võtta pakkumisi biogaasijaamade rajamiseks asuvad Saksamaal, Austrias, Hollandis ja Taanis (seal ei ole küll viimastel aastatel rajatud ühtki uut BGJ ehitatud).

Järgnevalt mõnede tuntumate firmade andmed, kellele võiks esitada BGJ rajamiseks pakkumisi:

1. BIO ENERGY BIOGAS GmbH. www.bioenergy.de
2. Ingenieurbüro Loock GmbH. www.tns-loock.de
3. Novatech GmbH. http://www.novatechgmbh.com/
4. BIOGASKONTOR Köberle GmbH. http://www.biogaskontor.de/
5. Schmack Biogas AG. http://www.schmack-biogas.com/
6. BIOFerm GmbH. http://www.bioferm.de/

7. BEKON Umweltschutz & Energietechnik GmbH. http://www.bekon-d.de/
8. Kompogas AG. http://www.kompogas.ch/
9. Organic Waste Systems (O.W.S). http://www.ows.be/
10. COWATEC. (http://www.cowatec.com)
11. Haase Energietechnik AG - http://www.haase-energietechnik.de
12. HoSt B.V. - http://www.host.nl/home.php?language=Eng

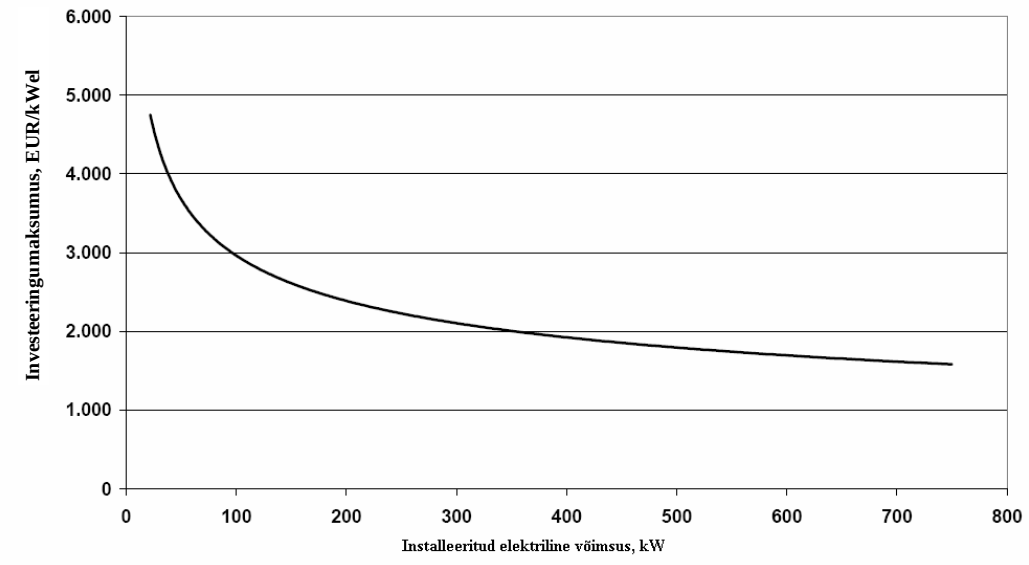
3.5. Ligikaudsed hinnangud erinevate tehnoloogiate majandusliku tasuvuse osas, vastava arvutuse algoritm

Aruande autorite poolt tehtud mõnede BGJ tasuvusarvutuse põhjal võib väita, et Eestis 2007. aasta energia hindade ja riiklike toetusskeemide juures oleks tasuv ehitada suuremate prügilate juurde (vt p.3.1.5.) prügilagaasil ja suuremate reoveepuhastite juurde mudast saadaval biogaasil töötavaid SEK, kui on võimalik kasutada saadavat energiat (soojust, elektrit) kogu ulatuses (elektrivõrk, kaugküttevõrk, tootmisprotsessid jms).

Põllumajandusest saadavast sõnnikust tasub samuti energiat toota, kui metaani osa saadavas biogaasis on üle 55% (sageli tuleb see kindlustada rasvade või nt maisijahu lisamisega) ja eeldusel et kogu energia saab müüa või kohapeal efektiivselt kasutada (nt BGJ tütarettevõte, kus kasutatakse saadavat energiat tootmisprotsessis). Tasuvusse tuleks kaudselt arvestada ka keskkonnahoiust ja piirkonna sotsiaalse kliima paranemisest saadav kasu.

Rohtset biomassi põhitoorainena kasutava BGJ kohta seni Eestis põhjalikumaid tasuvus-uuringuid teadupärast ei ole, sest puuduvad vajalikud lähteandmed, konkreetsed arendajad ja asukohad. Igal juhul peaks 10 km raadiuses rajatava rohtsel biomassil töötava BGJ ja komplektis töötava SEKi elektriline võimsus olema vähemalt 500 kWe ja Eesti põldude saagikust arvestades vähemalt 400 – 500 hektarit põldu. Nende BGJ rajamise põhjendatus (tasuvus) sõltub väga palju ka vilja ja loomasööda hindadest maailmaturul. 2007. aasta hindade ja riiklike toetusskeemide juures ei ole rohtset biomassi kasutavate BGJ rajamine tõenäoliselt põhjendatud.

BGJ võimsuse kasvades investeerimiskulud installeeritava võimsusühiku kohta langevad. Väikeste seadmete korral (alla 100 kW_{el}) sõnniku ja rohtse biomassi kasutamisel on investeerimismaksumused Euroopa kogemusest lähtuvalt 47 000 – 78 000 krooni installeeritud kW_{el} kohta (Joonis 3.6).



Joonis 3.6. Biogaasijaama maksumuse sõltuvus võimsusest

Biogaasijaama rajamise ja tasuvuse arvutuse võib jagada lühidalt järgmistesse etappidesse:

- lähteainete saadavuse ja maksumuse uuring (lähteainete või nende segude biogaasi produktsiooni katsed);
- lähteainete põhjal biogaasijaama konfigureerimine (tehnoloogia ja seadmestiku valik) ja hinnang toodangule (elekter, soojus, väetis, biogaas mootorikütuseks jms);
- biogaasijaama logistilise skeemi koostamine, mis sisaldab asukoha valikut lähtuvalt ühendusest tehniliste kommunikatsioonidega (elektrivõrguga, soojustarbijatega, maagaasivõrguga, vee ja kanalisatsiooniga), lähtematerjali ja kääritusjäägi transpordiühendusi. Hinnatakse kogu tootmisahela käivitamise ja toimimise kulud;
- BGJ investeeringumaksumuse ning püsi- ja muutuvkulude hindamine;
- majanduslik kalkulatsioon lähtuvalt investeeringust, kuludest, jaama omatarbest, soojuse- ja elektri müügist saadavast tulust. Mõnikord võib osutuda võimalikuks ka kääritatud materjali müügist tulu teenimine;
- pakkumiskonkursi(-side) korraldamine;
- jaama ehitamine võtmed kätte põhimõttel või tellida projekteerimine ja ehitus eraldi.

Tänapäeval pakuvad paljud Euroopa ettevõtted (vt p.3.4) biogaasijaamu patenteeritud tehnoloogiaga. Kuna Eestis praktiliselt puuduvad biogaasijaamu rajavad firmad, siis on kõige lihtsamaks lahenduseks, teha järelpärimised vastavatest Euroopa firmadest, kes ehitavad jaamu võtmed kätte põhimõttel. Nendelt saab teada jaama maksumuse vastavalt toodangu mahule ja kasutatavatele lähteallikatele. Kui esialgse pakkumiskonkursi tulemusena saab jaama maksumuse ja käidukulud teada, siis saab teostada lähtuvalt kohalikest oludest täpsema tasuvushinnangu, mille koostamiseks on soovitav kaasata eriala spetsialiste Eestist. Biogaasi kasutamisel soojuse- ja elektri koostootmiseks ei ole tingimata vaja SEK jaama osta sisse väljast, kuna selles valdkonnas on Eestis piisav konkurents ja oskusteave olemas ning samuti tagab kohapealne ettevõtte parema hoolduse.

3.6. Ettepanekud riiklike regulatsioonide kehtestamiseks valdkonnas

Põllumajanduslikul toormel rajatavate komplekssete biogaasijaamade (BGJ+SEK+jäägi vääristamine) rajamist peaks toetama vähemalt 20% ulatuses investeeringu maksumusest (toetuse aluseks saab olla põhjendatud teostatavuse uuring ja vettpidav äriplaan). Toetuse täpsem suurus tuleks kehtestada alles pärast seda kui on läbi viidud mõnede pilootprojektide teostatavusanalüüsid, ja välja selgitatud pilootjaamade tasuvus ning võimalikult probleemid mittetasuvuse korral. Samas peaks olema jätkuvalt saada vähemalt 50%list toetust teostatavuse uuringu ja äriplaani (s.h keskkonnamõjude hinnang) koostamiseks.

Reguleerida biolagunevate jäätmete ja –jääkide kogumissüsteem selliseks, et jäätmetekitajal oleks huvi see BGJ saata. Näiteks eraisikutelt ei võeta sel juhul jäätmetasu ja põllu-majandustootja maksab ainult oma jäätmete transpordi kulud tekkekohast BGJni ja saab soovi korral tagasi ekvivalentse koguse kääritusjääki (vorm kokkuleppel). Tööstusettevõtted ei maksa väravatasu. Eelkõige tuleb käima saada toimiv selektiivne jäätmekogumise süsteem riigis.

Üks võimalikke viise biogaasijaamade rajamise stimuleerimiseks on kehtestada karja-kasvatusest tekkivale loomsele sõnnikule käitlemiskohustus kääritamise teel – enne sõnniku põllule laotamist tuleb see nt anaeroobses protsessi kääritada. Talunikud või farmerid, kes seda regulatsiooni ei järgi peaksid maksma keskkonnatasu. Selline ettepanek vajab enne kehtestamist samuti läbiarvutamist.

Kokkuvõtlikult peab kogu süsteem olema majanduslikult tasuv, et loomakasvatajatel oleks huvi oma sõnnik anda biogaasi tootmiseks ja kasutada kääritatud materjali väetisena ning investoritel huvi investeerida jaamade ehitamisse. Ei ole välistatud, et loomakasvataja ja investor ei või olla üks ja seesama.

Edu aluseks oleks iga jaama korral piirkondlik lähenemine ja erinevate osapoolte huvide väljaselgitamine, enne kui hakatakse mingit riiklikku regulatsiooni kehtestama, kuna vajadused erinevates piirkondades võivad olla erinevad ja need vajavad enne kaardistamist.

4. TRANSPORT-BIOKÜTUSTE TOOTMISE POTENTSIAAL: SOBIVAD TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED, VÕIMSUSED, ASUKOHAD

Maailmas, kus pidevalt tõuseb nafta hind ja suureneb sõltuvus vähenevatest fossiilkütuse varudest on suurenenud tähelepanu alternatiivsetele kütustele. Biokütuste kõrge tootmishind on seni jäänud kriitiliseks barjääriks nende laialdasel levikul, kuigi asi on liikunud paremuse poole. Edukalt toimivad tehnoloogiad taimsete õlide tootmisel ja nendest biodiiselkütuse valmistamisel kui ka suhkruroost või teraviljast bioetanooli tootmisel. Biokütuste konkurentsivõime kasvab nafta ja teiste fossiilkütuste hinna tõustes ja on juba ületanud kriitilise läve. Siiski sõltub biokütuse konkurentsivõime praegu temale tehtud soodustustest ja subsiidiumitest.

Esimese põlvkonna biokütustel on nende hinnas põhikomponendiks tooraine hind. Kui tooraine- põllukultuuri hind muutub, muutub ka biokütuse hind. Biokütuse hinda mõjutab üsna oluliselt teda tootva tehase võimsus. Siiski on see olulisem bioetanooli tootmisel, vähem oluline biodiisli tootmisel. Biodiislit on võimalik valmistada ka väiketootjal.

Biokütused avaldavad laialdast regionaalset sotsiaalmajanduslikku mõju. Nad soodustavad kohalikku ettevõtlust, avavad uued turuvõimalused põllumajandustootjatele. Põllumajanduses ei toodeta mitte ainult toitu, vaid ka energiat.

Teise põlvkonna biokütuseid ei toodeta veel kaubanduslikus mõõtmes. Kõrge tootmishinna tõttu pole nad tänapäeval veel konkurentsivõimelised, kuid tehnoloogia arenedes võib neist saada tähtis osa vedelkütusemajanduses. Nende kütuste suurim eelis on tohutu toorainebaas ja selle odavus. Biokütuste tootmiskulud on suuremad kui traditsioonilistel fossiilsetel kütustel.

Biokütused vähendavad kasvuhoonegaaside gaaside emissiooni, vähendavad õhusaastet, väheneb vajadus importida vedelkütust. Kasvuhoonegaaside emissioon väheneb nn esimese põlvkonna biokütuste kasutamisel 30 – 50 %. Tekib juurde töökohti. Järelikult on biokütused sotsiaalselt ja keskkonnasõbralikkuselt kõige soovitatavam vedelkütus, mida aga ei saa alati arvestada majandusarvestustes.

Bioetanooli laialdast tootmist transportkütuseks alustati valitsuse aktiivsel toel esimesena Brasiilias juba 1970-ndail, kus see on nüüdseks saavutanud maanteetranspordis olulise turuosa ja mille tootmisega tegeleb üle miljoni töölise.

Euroopa Liidus hakati tõsisemalt biokütustele tähelepanu pöörama alates 2001-ndast aastast, kui komisjon tegi õigusloomeettepanekud, mis võeti vastu 2003. aastal biokütuste direktiivi ja energia maksustamise direktiivi täiendusena. Tol ajal olid biokütused marginaalsed kütused. Biokütuste turuosa EL-s oli 2001. aastal ainult 0,3%. Ka oli nafta hind püsinud suhteliselt stabiilsena. Seetõttu seati biokütuste tarvituselevõtmise eesmärgid tagasihoidlikud.

Biokütuste direktiivis on öeldud *"soodustada biokütuste… kasutamist iga liikmesriigi transpordis, aidates sel viisil kaas eesmärkide saavutamisele, nagu on kliimamuutustega seotud kohustuste täitmine, keskkonnasõbralik varustuskindlus ja taastuvate energiaallikate soodustamine"*. Biokütuste direktiivis seatakse eesmärgiks saavutada transpordi tarbeks turul olevast diisli- ja bensiinikütustest bio- ja muude taastuvate kütuste indikatiivne osakaal 5,75% aastaks 2010, arvutatuna kütuste energiasisalduse järgi.

Direktiiv ei määra kindlaks mis liiki biokütuseid peaksid liikmesriigid kasutama hakkama, samuti on liikmesriigi otsustada, kas biokütus eksporditakse või toodetakse kohapeal. Direktiiv seadis liikmesriikidele soovitusliku, mitte kohustusliku eesmärgi.

Arvutused näitavad, et direktiivi täitmiseks tuleb Euroopa Liidus toota 11 miljonit tonni etanooli, mille tootmiseks tuleb kasvatada 32 miljonit tonni teravilja. Selleks on vaja kasutada 4% haritavast maast.

Biokütuste kõrge hind OECD maades jääb kriitiliseks barjääriks nende laiemal levikul. "Tavaliste" biokütuste nagu biodiisel õlikultuuridest ja bioetanool teraviljast tootmistehnoloogiad on väljaarendatud. Võib küll oodata tootmiskulude mõningast alanemist, kuid pole oodata põhjalikke muutusi, mis võiksid nende hinda tunduvalt alandada. Hind võib tulevikus alaneda sujuvalt tehnoloogia parendamise ja optimiseerimise teel. Üheks teeks on tehaste ühikvõimsuste edasine kasv.

Tabel 4.1 Bensiini, kerge kütteõli ja diiselkütuse tarbimine Eestis

Tuhat tonni/aasta	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Bensiin	287	290	308	283	279	276	273
Diislikütus	418	447	480	613	632	651	670
Kerge kütteõli	142	131	106				

Allikas: ESA ja Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium

EL direktiivile 2003/30/EÜ tuginedes peab Eestis aastal 2010 kasutatav biokütuste kogus olema vastav 54 000 tonnile fossiilkütusele toetudes Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi prognoosile kütuste tarbimise osas aastaks 2010.

On arutusel ettepanek soovitada saavutada Euroopas kasutatavates mootorikütustes 2020-ndaks aastaks kohustuslik 10% miinimumosakaal. Kaalumisel on biokütuste 25% osaluse saavutamine 2030. aastaks (75% biodiisel, 25% bensiini asendaja).

Määrus nr. 1782/2003. Sellega kehtestatakse ühise põllumajanduspoliitika raames kohaldatavate otsetoetuskavade ühiseeskirjad. On toodud täiendav otsetoetus energiakultuuride kasvatajatele.

Määrus nr. 1968/2005. Energiakultuuride ja muu biomassi tootmist toetab selle määruse alusel koostatav maaelu arengukava ning selle raames rakendatavad toetused.

4.1. Biokütusega seotud arengukavad

Eestis on biokütustega seotud järgmised arengukavad:

- *Kütuse- ja energiamajanduse pikaajaline riiklik arengukava aastani 2015*, mille Riigikogu on kinnitanud 15.12.2004, milles püstitatakse eesmärk saavutada biokütuste 2%-ne osakaal transpordikütustes ja milles soovitatakse vabastada saastuvate mootorikütuste turule toomiseksaastal 2005 need kütused kütuseaktsiisist. Vabariigi Valitsusele on tehtud ülesandeks töötada välja meetmed taastuvate vedelkütuste kasutamise võimaldamiseks transpordis.
- *Eesti keskkonnastrateegia aastani 2010*, mille Riigikogu on kinnitanud 26.10.2005, on seadnud eesmärgiks viia 2005. aastaks transpordikütuste tarbimises biokütuste osakaal 2%-ni ja 2010. aastaks 5,75%-ni.
- *Transpordi arengukava 2006-2013*, mille Riigikogu on kinnitanud 24.01.2007, kus samuti seatakse eesmärgiks viia alternatiivkütuste osakaal 2010. aastaks 5,75%-ni. 30.06.2007 töötatakse välja alternatiivkütuste kasutuselevõtu mehhanism.
- *Eesti riiklik arengukava struktuurifondide kasutuselevõtuks – üldine programmdokument* 2004-2006 sisaldab meedet, mis võimaldab Euroopa Regionaalarengu Fondist toetada vedelate biokütuste tootmist.

4.2. Kütuseaktsiis (1)

Alkoholi-, tubaka-ja kütuseaktsiisi seadus, 30.06.2002

§19.Kütus

(14) Biokütus käesoleva seaduse mõistes on kütus:

1) mille KN-I esimesed neli numbrit on 1507-1518;
2) mis on valmistatud biomassist ja mille KN-I kaheksa numbrit on 3824 90 55 või 3824 90 80.

Biomassina käsitatakse põllumajanduslikke tooteid, kaasa arvatud taimseid ja loomseid aineid, metsandusest saadud toodete, jäätmete ja jääkide bioloogiliselt lagunevat fraktsiooni:

3) mille KN-I kaheksa numbrit on 2207 20 00 või 2905 11 00 ja mis ei ole sünteetilist päritolu;
4) mis on valmistatud biomassist, sealhulgas kütus, mille KN-I esimesed neli numbrit on 4401 või 4402.

(KN-Euroopa Ühenduse Nõukogu määrusega 2658/87 kehtestatud kombineeritud nomenklatuur.)

§27. Aktsiisivabastus

(1) Aktsiisist on vabastatud:

……..

28) biokütus pärast Euroopa Komisjoni poolt loa andmist biokütuse aktsiisist vabastamiseks kuni loa kehtivuse lõpuni;

281) käesoleva seaduse §19 lõike 14 punktis 4 nimetatud biokütus;

Biokütuste aktsiisivabastus Eestile

Antud Euroopa Komisjoni poolt 27.07.2005, kehtib kuus aastat.

Aktsiisist on täielikult vabastatud:

a) biodiisel (KN 1507-1518);

b) taimeõlid (38249055; 38249080-38249099);

c) bioetanool (mittesünteetiline (22072000; 29051100).

Aktsiisivabastust käsitleb Rahandusministeerium riigiabina biokütuste tootmisel. Temaga kaasneb negatiivne mõju: mida rohkem biokütuseid tarbitakse, seda enam väheneb riigieelarve laekumine. 5,75 % biokütuste osakaal mootorikütuste tarbimises tähendab, et eelarvesse jääb laekumata üle 100 miljoni krooni **(**39**).** See tähendab, et väheneb ka teede korrashoiu rahastamine.

Eesti Riigikontrolli arvates ainuüksi aktsiisivabastus ei taga biokütusele konkurentsieelist võrreldes tavalise kütusega ega ajenda sõidukiomanikke seda kasutama **(**24**).** Kui puudub nõudlus kütuse järele, puudub ka huvi selle tootmiseks ja importimiseks. Aktsiisivabastuse kõrval on biokütuse kasutamise kohustuslikuks muutmine teiseks olulisemaks meetmeks, mille abil püütakse suurendada biokütuse kasutamist. Seda on kasutatud Prantsusmaal, Austrias. Stockholmis on näiteks toetatud biokütusele kohandatud busside ostmist.

Biokütuste kasutamiseks on vaja ka selleks kohandatud tanklate võrgustikku. See tähendab täiendavaid väljaminekuid kütuse käitlejaile.

4.3. Vedelate biokütuste liigid

Biokütuseid võib jagada praegu toodetavateks esimese põlvkonna ja nn teise põlvkonna biokütusteks, millede tootmistehnoloogia on üldjoones teada, kuid vajab veel sobiva lõpptoodangu hinna saavutamiseks täiustamist (3).

Esimese põlvkonna biokütused	**Teise põlvkonna biokütused**
Bioetanool suhkrust ja tärklisest. Tooraineks on suhkruroog, mais, nisu jt teraviljad, suhkrupeet, kartul	Bioetanool lignotselluloosist (õled, puit). Bioetanool ja biodiisel toodetud Fisher-Tropsch tehnoloogiaga. Bio-DME
Biodiisel rapsiõlist, sojaõlist	Biometanool. Biodiisel. Biodiisel, toodetud HTU (HydroThermal Upgrading) tehnoloogiaga

Kus biometanool – biomassist toodetav metanool. Mootorikütusena vähesoovitav, kuna on mürgine ja on etanoolist palju korrosiooniagressiivsem. Saab kasutada taimsetest õlidest biodiiselkütuse tootmisel ja kütuseelementide kütusena.

Fischer-Tropsch meetod avastati 1923. aastal sakslaste F.Fischeri ja H.Tropschi poolt hüdrokarbonaatide sünteesiks. Tahke kütus gaasistatakse ja järgnevalt vesinik ja süsinik monooksiid (CO) reageerivad raud- ja koobaltkatalüsaatori juuresolekul. Menetlusega võib saada metaani, vahasid, sünteetilist bensiini ja diiselkütust. Kõrvalsaadusteks on vesi ja süsihappegaas. Fischer-Tropsch meetodit on kasutatud ja kasutatakse ka vähesel määral praegu kivisöest vedelkütuse tootmisel. Biokütuse gaasistamine ja saadud gaasist kütuse tootmine on praegu üksikute katseseadmete staadiumis. Töötatakse välja baktereid, mis senisest efektiivsemalt aitavad vesinikust ja süsinikmonooksiidist toota etanooli. (4)

<u>Bioetanooli tootmine lignotselluloosist</u>

Mets moodustab 80% maailma biomassist. Seetõttu moodustab ta küllaldaselt saadava, inimtoiduga mitte konkureeriva suhteliselt odava tooraine bioetanooli tootmiseks. Õled annavad üle poolteise korra rohkem biomassi kui terad. Kiirestikasvavate puukultuuride biomassi aastane juurdekasv on suurem kui teraviljal. Samuti on puidukultuuri väetisetarve mõnevõrra väiksem. Puidul on väiksem sooladesisaldus (tuhasisaldus) kui õlgedel. Puit ja ka õled koosnevad ligniinist, tselluloosist ja hemitselluloosist. Seetõttu nimetatakse teda ka lignotselluloosi biomassiks.

Tselluloosi molekulid koosnevad pika ahelaga glükoosi molekulidest (6-süsinikuga suhkur), mis omavad tärklise molekulidest teistsugust struktuurset ehitust. Need struktuursed erinevused ja see, et tselluloos on ümbritsetud ligniinist kestaga teeb tema hüdrolüüsi raskemaks kui tärklist sisaldava materjali. Hemitselluloos koosneb paljudest monosuhkrutest ja on lagundamisele palju vastupidavam kui tselluloos.

Tabel 4.2. Lignotselluloosilise biomassi koostis (5)

	Tselluloos	**Hemitselluloos**	**Ligniin**	**Tuhk**
Lehtpuu	45±2	30±5	20±4	0.6±0,2
Lehtpuu koor	22 – 40	20 – 38	30 – 55	0.8±0,2
Okaspuu	42±2	27±2	28±3	0.5±0,1
Okaspuu koor	18 – 38	15 – 33	30 – 60	0.8±0,2

	Tselluloos	Hemitselluloos	Ligniin	Tuhk
Nisu õled	37 – 41	27 – 32	13 – 15	11 – 14
Ajalehepaber	40 – 55	25 – 40	18 – 30	

Sisaldades kuivaines keskmiselt 40-50% tselluloosi ja 20-30**%** hemitselluloosi on ühest grammist puidust teoreetiliselt võimalik saada 0,32 grammi etanooli.

2004. aastal hakkas Kanada valitsuse toel tselluloosist etanooli tootma Iogen Corporation. Teine ettevõte, kes on teinud suuri edusamme tselluloosist etanooli tootmisel on Hispaania kompanii Abengo Bioenergy. Ta kasutab Kanada teise suure etanooli tootja Sun Opta Inc. tehnoloogiat. Lignotselluloosist bioetanooli tootmise tehased on USA-s Hiinas, Rootsis, Saksamaal. Kõik need on väikese võimsusega nn "piloot" tehased ja on rajatud tootmisprotsessi omandamiseks.

Lignotselluloosist bioetanooli tootmise optimaalse tehnoloogia väljatöötamiseks on erinevate maade valitsused grantide ja subsiidiumide näol eraldanud palju raha. Suurim panus on siin Ameerika Ühendriikidel. 28.02.2007 eraldas USA Energeetikaministeerium 385 miljonit dollarit 6 tehase rajamiseks. See katab 40% nende maksumusest. Praegu ületab tselluloosist etanooli tootmise tehase maksumus 2,5 – 4 korda investeeringud tehasesse, mille tooraineks on teravili.

Prognoositakse, et lignotselluloosist valmistatav bioetanool muutub konkurentsivõimeliseks teraviljast valmistatava etanooliga aastatel 2010 – 2020.

Lignotselluloosist etanooli tootmise võib jagada viide etappi:

1. Eeltöötlus enne hüdrolüüsi, mil toimub tselluloosi vabastamine ligniinist ja tema struktuuri muutmine vastuvõtlikuks hüdrolüüsile. Kasutatakse mitmeid menetlusi: töötlemine nõrga või tugeva happega, auruga, osooniga jne.
2. Hüdrolüüsil purustatakse tselluloosi pika ahelaga molekulid vaba suhkru molekulideks. Vanem meetod on keemiline hüdrolüüs. Kaasajal kasutatakse hüdrolüüsimiseks ensüüme. Protsess toimub 50°C ja pH=5 juures ja protsess on umbes samasugune nagu protsess mis toimub veise või lamba maos. Eeliseks võrreldes happega hüdrolüüsiga on kahjulike laguproduktide puudumine. Tselluloosi lagundamiseks vajalike ensüümide arendamise, tootmise ja müümisega tegelevad mitmed kompaniid (Iogen Corporation Kanadas, Genencor, Novozymes, Dyadic International Ameerika Ühendriikides).
3. Mikrobioloogiline fermentiseerimine. Selleks kasutatakse spetsiaalseid selleks väljatöötatud pärme. On leitud ka baktereid, mis on võimelised muutma tselluloosi otse etanooliks. Kahjuks tekib sellise protsessi käigus lisaks etanoolile soovimatuid produkte nagu atsetaadid, laktaadid jne.
4. Destilleerimine.
5. Destilleerimisel saadud etanoolist molekulaarsõelade abil lõplik vee eemaldamine.

2006. aasta juunis oli lignotselluloosist toodetud bioetanooli hind Ameerika Ühendriikides 0,59 dollarit liiter. Võrdluseks: see oleks bensiini hind, mida toodetakse naftast hinnaga 120 dollarit barrel (siin on arvesse võetud bioetanooli bensiinist madalam küttevääртus). Ameerikas on püstitatud eesmärk toota 2012. aastal lignotselluloosist bioetanooli hinnaga 0,28 dollarit liiter (6).

HTU (*Hydro Thermal Upgrading*) **–** biomassi ja vee segu töötlemine kõrgel temperatuuril (300 – 350°C) ja rõhul (120 – 180 baari).

Bio-DME. Dimetüüleeter on maagaasist, kivisöest või taastuvast kütusest valmistatav sünteetiline kütus. Tema valmistamiseks algne kütus gaasistatakse ja katalüütilise protsessiga toodetakse DME. Tootmisprotsess on sarnane metanooli tootmisele. Saadav kütus on puhtalt põlev diiselkütuse asendaja. DME keemistemperatuur on –25 ºC, seepärast tuleb teda käidelda nagu vedelgaasi.

4.4. Bioetanool

Etanool on mitte ainult vanim inimese poolt sünteesitud orgaaniline ühend, vaid ka üks kõige olulisemaid. Etanool mootorikütusena on tuntud juba alates 20. sajandi algusest. Õigupoolest pidi H. Fordi mudel T esialgse projekti järgi töötama bioetanoolil. Praegu on bioetanool kõige levinum biokütus ja moodustab üle 90% kogu kasutatavast vedelast biokütusest. Tema tootmine on tuntud protsess, mis seisneb tärklist sisaldava biomassi ensüümidega muutmisel suhkruteks ja/või 6-süsinikuga suhkrute fermentiseerimise ja lõpuks etanooli destilleerimisega etanooliks. Etanooli toodetakse teraviljast, maisist, suhkruroost, suhkrupeedist, kartulitest, sorgost, maniokist (cassava). Kõrvalproduktina saadav kook on proteiinirikas loomasööt.

Maailma suurimad bioetanooli tootjad on Brasiilia (suhkruroost) ja Ameerika Ühendriigid (maisist ja ka nisust). 2006. aastal kasutati bioetanooli tootmiseks 20% Ameerika Ühendriikide maisitoodangust. Etanooli tootmine on märgatavalt tõstnud maisi hinda. Kui aga etanooliks töödelda kogu maisisaak, asendaks see ainult 12% seal tarbitavast bensiinist.

Euroopa Liidus toodetud vedelatest biokütustest moodustas bioetanool 2006. aastal 20%. Samas pole võrreldes näiteks biodiisliga bioetanooli tootmismahu arvestus päris täpne. Etanooli tootjatel on Euroopas kaks ühendust: UEPA (European Union of Ethanol Producers) ja EBIO (European Bioethanol Fuel Association). Nende organisatsioonide poolt esitatavad arvud on mõnevõrra erinevad. Vahe tekib veini ületootmise tõttu toimuva viinamarjadest toodetava biokütuse arvestuses. EBIO andmeil moodustas Euroopa Liidu etanooli tootmise tehaste võimsus 2007. aasta septembris 3280 miljonit liitrit aastas. 45% tehaste võimsusest oli ettenähtud etanooli valmistamiseks teraviljast, 27% suhkrupeedist ja melassist (7). Ehitamisel on tehased tootlikkusega 4 miljardit liitrit aastas.

Bioetanooli tootmist Euroopas näitab tabel (vt Tabel 4.3).

Tabel 4.3. Bioetanooli toodang Euroopas miljonites liitrites (7)

Maa	2004	2005	2006
Saksamaa	25	165	431
Hispaania	254	303	396
Prantsusmaa	101	144	293
Poola	48	64	161
Rootsi	71	153	140
Itaalia	0	8	78
Ungari	0	35	34
Leedu	0	8	18
Holland	14	8	15
Tšehhi	0	0	15
Läti	12	12	12
Soome	3	13	0

Tootmine kasvab kõigis riikides.

Kõige odavam on Brasiilia suhkruroost toodetud bioetanool. Bioetanooli tootmine Euroopas on kallim, kui Ameerika Ühendriikides. Bioetanooli valmistamiseks sobiv tooraine sõltub

sellest missugust suurema suhkru või tärklisesisaldusega kultuuri antud klimaatilistest tingimuste, mullastikus ja maastiku reljeefi on võimalik kasvatada.

Tabel 4.4. Bioetanooli saagis nisust ja suhkrupeedist EL maades (7)

	Nisu		Suhkrupeet	
Maa	**Liitrit/ha**	**toe/ha**	**Liitrit/ha**	**toe/ha**
Austria	1 792	0,92	6 677	3,42
Belgia	2 847	1,46	6 970	3,57
Saksamaa	2 620	1,34	6 384	3,27
Taani	2 561	1,31	6 399	3,28
Kreeka	916	0,47	4 926	2,52
Hispaania	1 052	0,54	6 181	3,16
Soome	1 057	0,54	3 440	1,76
Prantsusmaa	2 554	1,31	7 980	4,09
Iirimaa	2 996	1,53	4 710	2,41
Itaalia	1 637	0,84	4 346	2,23
Holland	2 839	1,45	6 472	3,31
Portugal	499	0,26	5 234	2,68
Rootsi	2 069	1,06	5 266	2,70
Suurbritannia	2 686	1,38	6 355	3,25
Tšehhi	1 568	0,80	4 982	2,55
Eesti	659	0,34	-	-
Ungari	1 365	0,70	pole andmeid	pole andmeid
Leedu	1 050	0,54	2 964	1,52
Läti	908	0,46	3 036	1,55
Poola	1 215	0,62	3 555	1,82
Sloveenia	1 330	0,68	4 040	2,07
Slovakkia	1 360	0,70	3 486	1,78

1 toe=42 GJ

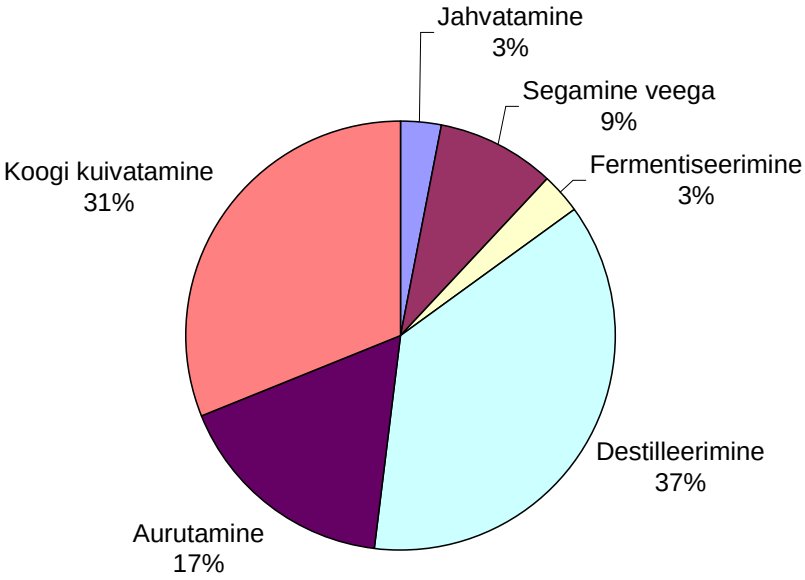
Suurema saagikuse tagab parem kliima, aga ka majanduslikud võimalused kasutada optimaalsel hulgal väetisi ja taimekaitse vahendeid (8). Eesti paistab teiste riikide seast välja madala saagikusega, mis teeb bioetanooli tootmise siin rohkem kulukaks.

Euroopas on bioetanooli tootmiseks sobivamad teravili (põhiliselt nisu) ja suhkrupeet. Suhkrupeet kasvab kõigis 25 Euroopa Liidu maas ja sisaldab põllumaa hektari kohta rohkem suhkrut kui nisu.

Enamikes bioetanooli hindu käsitlevates töödes ei ole arvestatud subsiidiumitega, mida põllumehed saavad kütusetööstusele põllumajanduskultuuride kasvatamisel. Hinnanguliselt arvatakse, et tegelik bioetanooli liitri hind on Euroopa Liidus umbes 18 USA senti kõrgem, kui ta on vastavates ülevaadetes (6).

Suhkrutööstust Eestis ei ole ja suhkrupeeti ei kasvatata. Bioetanooli tooraineks võib olla ka kartul (9), etanooli saagis on 8 – 10%. Soome Shamon Spirits Ltd. kasutab 1,5 miljonit kg kartulijääke aastas etanooli tootmiseks.

Prantsusmaal ja Hispaanias kasutatakse etanooli bensiini oktaanarvu tõstva kütuselisandi ETBE tootmiseks.



Joonis 4.1. Energiakulu suhteline jaotus bioetanooli tootmisel teraviljast

Bioetanooli hind on suures osas määratud tooraine (biomassi) hinnaga, mis moodustab 55-80% etanooli lõpphinnast. Mõnevõrra võivad hinda mõjutada erinevused tootmistehnoloogiates. Kindlasti mõjutab hinda tehase suurus. Suurema tehase korral on suuremad transpordikulud, rohkem aga vähenevad tootmiskulud. (vt Joonis 4.1)

Enamikes bioetanooli hindu käsitlevates töödes ei ole arvestatud subsiidiumitega, mida põllumehed saavad kütusetööstusele põllumajanduskultuuride kasvatamisel. Hinnanguliselt arvatakse, et tegelik bioetanooli liitri hind on Euroopa Liidus umbes 18 USA senti kõrgem, kui ta on vastavates ülevaadetes (6).

Ülevaates (IEA Biofuels for Transport, 2004**)** on näidatud, et Saksamaa bioetanooli tehasel võimsusega 200 miljonit liitrit aastas on tootmiskulud ühe liitri bioetanooli kohta väiksemad vastavalt 9% nisu tooraine ja 13% suhkrupeeditooraine kohta kui tehases võimsusega 50 miljonit liitrit aastas. Samas näidatakse, et bioetanooli tootmine nisust on odavam, kui suhkrupeedist. Teraviljast bioetanooli tootmisprotsess on tegelikult komplitseeritum ja kallim kui suhkrupeedi oma. Suurem on elektri ja soojuse kulu. Suhkrupeedist bioetanooli tootmise teeb kalliks suur tooraine kadu hoidmisel. Suhkrupeet on vaja töödelda vähemalt 90 päeva jooksul.

BTG (10) bioetanooli hinna analüüsil võeti nisu hinnaks 14 EUR/tonn ja suhkrupeedi hinnaks 26.2 EUR/tonn. Bioetanooli tootmise kaasprodukt loomasööda näol vähendab tooraine hinda. Nisust etanooli tootmisel on kaasproduktiks kuivatatud destilleerimisjääk, suhkrupeedist bioetanooli valmistamisel peedimassipulp. See kaasprodukt (DDGS- Dried Distillers Grains with Solubles) on proteiinirikas loomasööt. 1 kg teraviljast etanooli tootmisel tekib teda umbes 0,3 kg. Edaspidi, bioetanooli tootmise laienemisel võib kujuneda probleemiks, et teda ei õnnestu enam loomasöödana realiseerida. BTG analüüsi tulemused on tabelis (vt Tabel 4.5).

Tabel 4.5. Bioetanooli tootmiskulud EL (10)

	Bioetanool nisust		Suhkrupeedist	
	EUR/l	**EUR/GJ**	**EUR/l**	**EUR/GJ**
Biomass	0,40	18,9	0,26	12,3
Kaasprodukti (koogi) hind	0,15	7,1	0,03	1,4
Kokku tooraine	0,25	11,8	0,23	10,9
Bioetanooli tootmine	0,28	13,3	0,22	10,4
Segamine bensiiniga	0,05	2,4	0,05	2,4
Veokulud	0,01	0,5	0,1	4,7
Hind tanklas	0,59	27,9	0,6	28,4

Allikas: BTG Biomass Technology Group 2004

Teine bioetanooli tootmise uurimuses (11) analüüsitakse võrdlemisi suurt 132 000 m^3/aastas bioetanooli tootmist Saksamaa tingimustes (Tabel 4.6).

Tabel 4.6. Bioetanooli tootmine taliviljadest (11), hinnad 2000. aasta saksa markades

Kultuur	**Tritik**	**Talinisu**	**Talirukis**
Hektarisaak, t/ha	4,3 – 9,1	2,9 – 7,6	5,4 – 7,6
Tootmiskulud, DEM/ha	851 – 1403	887 – 1514	1069 – 1312
Bioetanooli saagis, l/ha	1968 – 4203	1279 – 3453	2275 – 3435
Bioetanooli hinna tooraine osa, DEM/l	0,31 – 0,54	0,38 – 0,85	0,35 – 0,60
Bioetanooli tootmishind, DEM/l	0,40	0,40-0,42	0,43
Bioetanooli hind, DEM/l	0,71 – 0,94	0,78 – 1,27	0,78 – 1,03

Ülalkirjeldatud analüüsis polnud arvestatud proteiinirikka bioetanooli tootmise kaasprodukti koogi realiseerimist loomasöödaks või utiliseerimist muul viisil. Jäägi realiseerimisel loomasöödana tuleb ta kuivatada, mis on üsna energiamahukas.

Bioetanooli toodetakse tehases kogumaksumusega 1,75 10^8 (DEM 2000).Tehase tootlikkus on 400 m^3 päevas, tehas töötab aastas 330 päeva. Teraviljavajadus on 1141 tonni päevas.

Bioetanooli tootmishind on püsiv. Sellest moodustab 27,4% kapitali hind; 20,3% tööjõud, juhtimine ja hooldus; 21,6% ensüümid ja kemikaalid; 5,5% elekter; 25,2% kasutatav veeaur.

Lurgi AG (12) on väljatöötanud bioetanooli tootmise, kus tootmisjääkidest toodetakse gaasi, mida kasutatakse energia- auru ja elektri tootmiseks.

Bioetanooli tehas 160 000 t/aastas (200 miljonit liitrit aastas).

Tootmisel saadakse	Tooraine/jäägid
Etanool, 20 t/h	Teravili, 70 – 75 t/h

Süsihappegaas, 20,5 t/h
Puskariõli, 0,3 t/h
Tehniline alkohol, 1,1 t/h
Aur, maks 100 t/h (3 baari)
Elekter, 20 MW
Väetis, 10,5 t/h

Vesi, 45 t/h
Gaas, 0,1 – 0,3 t/h
Jääkvesi, 10,3 t/h
Aur, 77 t/h
Kemikaalid 0,5 t/h

Saksa firma Vogelbusch GmbH (29), mis valmistab bioetanooli tehaste seadmeid arvab, et majanduslikult otstarbeka tehase minimaalne võimsus on 100 000 – 300 000 liitrit päevas. Vogelbusch tehnoloogia võimaldab tooraine keskmise tärklise või suhkrusisalduse puhul toota 1000 liitrit etanooli 2300 kg maisist; 2800 kg nisust; 10 000 kg suhkrupeedist. Investeering 300 000 liitrit/päevas tehasele sõltuvalt infrastruktuurist on 40 – 50 miljonit eurot.

Hinnakalkulatsioon kogu bioetanooli tootmistsüklile Saksamaal on toodud Müncheni Energeetikainstituudi uurimuses (38). Märgitakse, et bioetanooli muudavad Saksamaal konkurentsivõimeliseks ainult maksusoodustused ja põllumajandusele antavad subsiidiumid. Seega sõltub tootmine poliitilisest raamistikust ja EL subsiidiumitest.

Tabel 4.7 Bioetanooli tootmishind USA ja Euroopa tehastes 2000 US dollarit liitri kohta

	USA, 50 milj l	**USA 200 milj. l**	**Saksamaa 50 milj l**	**Saksamaa 200 milj l**	**Saksamaa 50 milj l**	**Saksamaa 200 milj l**	**Euroopa**	**Euroopa**
Tooraine	mais	mais	nisu	nisu	s.peet	s.peet	nisu	s.peet
Neto tooraine hind	**0,14**	**0,13**	**0,21**	**0,21**	**0,28**	**0,28**		
Kaasprodukti hind	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	0,11-0,15	0,00-0,01
Tooraine hind	0,21	0,20	0,28	0,28	0,35	0,35	0,20-0,34	0,20-0,32
Tootmishind (töö-jõud, energia, seadmed)	**0,14**	**0,11**	**0,24**	**0,18**	**0,22**	**0,18**	**0,20-0,25**	**0,22-0,28**
Kapitali hind	**0,04**	**0,05**	**0,10**	**0,06**	**0,10**	**0,06**	**0,08-0,13**	
Kokku	**0,32**	**0,29**	**0,55**	**0,48**	**0,59**	**0,52**	**0,35-0,62**	**0,42-0,60**
Bensiin-ekvivalendi liitri hind	**0,48**	**0,43**	**0,81**	**0,71**	**0,88**	**0,77**	**0,53-0,93**	**0,63-0,93**

Allikas: IEA Biofuels for transport. An International perspective. 2004 (6)

Ameerika Ühendriikides, kus bioetanooli toodetakse maisist on nii tooraine, kui ka tootmiskulud märgatavalt väiksemad, kui Saksamaal.

Seni pole bioetanoolil väljakujunenud globaalset turgu nagu seda on naftaproduktidel. Bioetanooli tootmiseks kasutatakse mitmesugust toorainet, mille hind sõltub maa- ja tööjõukulust, kasutatavast agrotehnikast, rakendatavatest subsiidiumitest jne. Reeglina on Euroopas etanooli tootmine kallim kui Ameerika Ühendriikides. Etanooli hind sõltub sellest, kas tootmise kaasprodukti kooki saab müüa loomasöödaks. Bioetanooli tootmine nisust on mõnevõrra odavam kui suhkrupeedist. Kui bioetanooli tootmise kaasprodukti kooki realiseerida loomasöödaks, siis on tooraine (nisu) osa bioetanooli omahinnas 38–45%.

Tabel 4.8 Teravilja toodang Eestis, tuhanded tonnid

Aasta	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
Toodang	505,7	608,1	760,1	619,3

Allikas: Põllumajandusministeerium

Suur, väikese tootmiskuluga bioetanooli tehas võimsusega 150 – 200 miljonit liitrit aastas tarbib umbes 420 – 550 tuhat tonni teravilja aastas. See on üle kahe kolmandiku Eesti teraviljasaagist. Samas on head võimalused bioetanooli tootmise kaasprodukti koogi realiseerimiseks. Statistika valitsuse andmeil kasutati Eestis aastatel 2005 – 2006 looma-söödaks 479 691 tonni teravilja aastas.

4.5. Nõuded biokütuse kvaliteedile

Bioetanool on kõrge oktaaniarvuga kütus, millel on suur detonatsioonikindlus. Tema molekulis olev hapnik võimaldab madalatemperatuurilist jäägitut põlemist ja vähendab CO, põlemata süsivesinike ja NO_x emissiooni. Bioetanooli bensiinist väiksem aururõhk tagab hoidmisel väiksema auramiskao. Sellepärast on parem kasutada bioetanooli segus bensiiniga. Etanooli suur aurumissoojus ja bensiinist väiksem energiasisaldus (ühe liitri etanooli kütteväärtus on 69% bensiiniliitri omast) lubab peamiselt etanoolist koosnevat kütust kasutada vaid mootorites, mis on spetsiaalselt selleks konstrueeritud. Uued nn paindliku kütuse-kasutusega autod, mida on kasutuses üle 6 miljoni (põhiliselt Brasiilias, USA-s ja Rootsis) võivad töötada kuni 85% etanooli seguga. Brasiilias kasutatakse bensiini, milles on minimaalselt 22% bioetanooli. Bioetanooli kasutamine lubab kõrge oktaaniarvu, suurema kompressiooni astme ja põlemise paranemise tõttu kütuse kulu (arvestatuna energiaühikutes) ja emissiooni vähenemist. Võrreldes bensiiniga on etanooli madalam põlemistemperatuur osaliselt tingitud mahulise energiasisalduse väiksemast väärtusest. Suurem mahuline kütusetarve tagab ka parema jahutuse. Etanoolisisaldusega bensiinil on kõrgem oktaaniarv kui puhtal bensiinil, ta põleb aeglasemalt ja madalamal temperatuuril.

Müüdavate biokütuste kvaliteedi stabiilsus on nende kasutamise oluliseks eelduseks. Kas riik suudab tagada kontrolli biokütuse kvaliteedi üle, et biokütuse sildi all ei müüdaks ebakvaliteetset kütust, mis kahjustaks sõiduki mootorit? Bioetanooli kasutamisel Euroopa Liidus on levinud 2 varianti: segud E5 või E85 (näitab etanoolisisaldust). Vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooniministri määrusele peab bensiin vastama standardile EVS-EN 228:2004. Standart käsitleb kuni 5-protsendilise etanoolisisalduse bensiini. Kuni 5-protsendilise biodiislikütus peab vastama standardile EVS-EN 590:2004 ja 100-protsendiline biodiislikütus standardile EVS-EN 14214:2004. Eesti on võtnud üle EL standardid. Samas on E85 standard EL-s väljatöötamisel. Kui biodiislikütuse osatähtsus diislikütuses või bioetanooli osatähtsus bensiinis ületab 5 protsenti, tuleb kütustel kasutada diislikütusel märgistust BIO ja bensiinil märgistust E koos biokomponendi sisalduse protsendiga.

Seni pole Eestis kehtestatud nõudeid biokütustele, milles biolisandi osakaal on 5 ja 100 protsendi vahel (3).

Eesti Akrediteerimiskeskus (EAK) on akrediteerinud kolm laborit, mis võivad hinnata biodiislikütuse vastavust nõuetele, lisaks on mõned laborid Eestis on võimelised määrama biolisandi (biodiislikütuse ja bioetanooli) sisaldust kütustes.

Kütuste kvaliteedi kontrolli ja järelvalve ülesanne on Energiaturu Inspektsioonil.

Tabel 4.9. Bioetanooli, bensiini ja ETBE omadused (13, 14)

Kütuse omadus	Bensiin	Bioetanool	ETBE
Molekulkaal [kg/kmol]	111	46	102
Tihedus [kg/l], 15ºC	0,75	0,80 – 0,82	0,74
Hapnikusisaldus [massi-%]	-	34,8	
Kütteväärtus [MJ/kg]	41,3	26,4	36
Aurumissoojus, kJ/kg	180	930	320

Kütuse omadus	Bensiin	Bioetanool	ETBE
Oktaaniarv (RON)	97	120	118
Oktaaniarv (MON)	86	102	105
Tsetaani arv	8	11	-
Stöhhiomeetriline õhk/kütus suhe [kg õhku/kg kütust]	14,7	9,0	-
Keemistemperatuur [ºC]	30 – 190	78	72
Aururõhk RVP [kPa]	75	16,5	28

ETBE-etüültertsiaarbutüüleeter; toodetakse segades ja soojendades etanooli ja isobutüleeni katalüsaatori juuresolekul. Kasutatakse bensiini hapnikut sisaldava lisandina bensiini oktaanarvu tõstmiseks MTBE asendajana. MTBE toodetakse fossiilsest kütusest. Tema tootmine on bensiiniga võrreldes keerukam ja energiamahukam. Teda loetakse mõningal määral kantserogeenseks ühendiks. Biokütuse määraks ETBE-s loetakse 47%. Vastupidiselt etanoolile ta ei indutseeri bensiini aurustumist segust, ei absorbeeri niiskust ja ei kutsu esile korrosiooni. Umbes 75% etanoolis Euroopas kasutatakse ETBE-na. Teda võib kütuses olla kuni 15 mahuprotsenti.

Etanool lagundab mõningal määral mootori plastmass- ja kummidetaile ning teisi elastseid osi. Kiirendab alumiiniumi, valgevase, tsingi ning seatina korrosiooni (15).

Võib tekkida süüte ja küttesüsteemi vigastusi. Korrosiooni aktiivsus suureneb kütuses etanoolisisalduse suurenemisega. Seega suure etanoolisisaldusega kütuse korral on vaja mootoris kasutada korrosioonikindlaid materjale nagu teflon, või teised suure floori-sisaldusega plastikud. Korrosioon on välditav roostevaba terasest materjalide kasutamisega. Seega on etanooliga töötav mootor kallim.

Nii kirjandusallikates, kui ka kütuse ja autotootjatel on omaks võetud, et kuni 10% etanoolilisandiga bensiini (E10) võib kasutada ilma mootorit ümber seadistamata. Enamikel autotootjail jääb sellise kütuse kasutamisel kehtima ka tootjapoolne garantii. Osa autotootjaid ei luba kasutada ka väikest etanoolilisandit.

Üle 10% etanooli sisaldusega kütuse kasutamisel on vajalik mootori seadistamine või paindliku kütusekasutusega auto kasutamine. Brasiilias kasutatakse 20–25% etanooli-sisaldusega kütust elektroonilise kütusesisestamise reguleerimisega mootorites nende minimaalse ümberseadistamisega (kasutusel on etanoolile vastupidavad elastosad). Ka Ameerika Ühendriikides on uuringud näidanud, et tavalised minimaalse ümberseadistamisega autod võivad sõita üle 10%-lise etanoolisisaldusega bensiiniga. Suurema etanoolisisaldusega bensiini puhul tuleb ümberseadistamine ette võtta kütuse kokkuhoiu saavutamiseks, kuna etanoolil on suurem oktaanarv.

Tabelist on näha, et hapnikusisalduse tõttu on etanooli põlemissoojus 35–40% väiksem ja aurumissoojus üle viie korra suurem kui bensiinil. Aurustumisel töösegu temperatuuri ligi 80 ^{o}C alanemise tõttu võib suure etanoolisisaldusega kütuse korral olla raskusi mootori käivitamisega.

Etanool seguneb bensiiniga mistahes vahekorras. Ka veetustatud etanool sisaldab mõningal määral vett (ASTM D 4806 lubab maksimaalselt 1,25 massiprotsenti). Samas on etanool ahnelt vett siduv ning neelab õhust niiskust. Kui etanoolisisaldusega bensiini veesisaldus ületab teatud piiri, setib liigne vesi välja. Etanoolisisaldusega bensiini veetaluvus väheneb temperatuuri alanedes. Temperatuuri langedes bensiin esialgu hägustub, bensiinipaagi põhja võib tekkida veekiht. Veekihti läheb ka bensiinis sisalduv etanool. Etanooli sisaldava bensiini

kihistumine toimub kitsas temperatuurivahemikus ja spontaanselt. Vee väljakihistumist erinevatel temperatuuridel etanoolisisaldusega bensiinist on uurinud L. Mölder (14).

Ta on kütusesegude jaoks välja töötanud spetsiaalse segamisprogrammi, mis võimaldab komponentide omaduste põhjal prognoosida segubensiini näitajaid.

4.6. Biodiiselkütus

Diiselkütus on Euroopas levinuim kütus. Euroopa Liidu 25 maas oli 2004. aastal suhe diisel/bensiin 1,4; Eestis 1,9. See suhe näitab ka millisest biokütuse liigist on vastavas maas rohkem huvitatud. ARK andmed andmed näitavad, et diiselkütust kasutab 26% autodest.

Tabel 4.10. Eestis registreeritud sõidukite jaotumine kütuse liigi järgi seisuga 01.01.2007

Kütuse liik / sõidukite arv	**Kokku**	**Sõiduautod**	**Veoautod**	**Bussid**	**Mootorrattad**
	664 884	554 012	92 860	5 378	12 594
Bensiin	492 316	451 131	27 450	1 141	12 594
Diiselkütus	172 503	102 863	65 403	4 237	0
Gaas	25	18	7	0	0

Allikas: ARK

Biodiisli tootmise eesmärkideks on põllumajanduse stabiilse sissetuleku tagamine rapsiseemne püsiva nõudluse tekitamise abil, CO_2 emissiooni vähendamine ja sisseveetava fossiilse päritoluga vedelkütuse koguse vähendamine.

Biodiiselkütuse põhitooraineks on rapsiõli, mille ostuhinnast sõltub valmistoodangu hind 75% ulatuses. Mõnevõrra odavam oleks biodiislit toota sisseveetavast sojaõlist, kuid Euroopas kehtiv biodiisli standard sätestab joodarvu, mis sojaõlil baseeruva biodiisli puhul ei vasta standardile (EN 14214).). Küll aga toodetakse mitmel Euroopa maal biodiislit sisseveetavast palmiõlist.

Alates 27.07.2005 kehtib Eestis biokütuste aktsiisivabastus. See võimaldab biodiislikütusel konkureerida tavalise diislikütusega. Teisest küljest on Balti riikides diiselkütus Euroopa maadest kõige odavam, mistõttu vaatamata aktsiisivabastusele biodiisli turustamine ei ole väga rentaabel. Eestis toodetud biodiisli turustamine on võimalik riikides, kus on kõrge diisli hind ja kehtib aktsiisivabastus. Potentsiaalsed eksporditurud biodiislile on eelkõige aktsiisivabastusega riigid nagu Saksamaa, Itaalia, Holland, Rootsi, Austria, Hispaania, Portugal ja Sloveenia.

Tabel 4.11. Biodiisli tootmine ja tootmisvõimsused Euroopas (16)

Riik	**Biodiisli tootmisvõimsus 2006.a tuhat tonni aastas**	**Biodiisli tootmine 2006.a tuhat tonni aastas**	**Biodiisli tootmine 2005.a tuhat tonni aastas**
Saksamaa	2681	2662	1669
Prantsusmaa	775	743	492
Itaalia	857	447	396
Tšehhi	203	107	133
Poola	150	116	100
Austria	134	123	85
Slovakkia	89	82	78

Riik	Biodiisli tootmisvõimsus 2006.a tuhat tonni aastas	Biodiisli tootmine 2006.a tuhat tonni aastas	Biodiisli tootmine 2005.a tuhat tonni aastas
Hispaania	224	99	73
Taani	81	80	71
Inglismaa	445	192	51
Sloveenia	17	11	8
Eesti	20	1	7
Leedu	10	10	7
Läti	8	7	5
Kreeka	75	42	3
Malta	3	3	2
Belgia	85	25	1
Küpros	2	1	1
Portugal	146	91	1
Rootsi	52	13	1
Kokku	**6069**	**4890**	**3184**

Tabelist nähtub, et biodiisli tootmine areneb Euroopas jõudsalt. Saksamaal, kus toodetakse biodiislit kõige rohkem, on käivitatud riiklikud programmid biodiisli tootmise arendamiseks. Teiseks on Saksamaal biodiisli turustamiseks arenenud tanklate võrgustik (enam kui 1800 tanklat). Biodiisli tootmist arendab enamik EL riike, kuid EL biokütuse direktiivi täitmiseks peab enamik riike oma tootmisvõimsust kasvatama või biodiislit importima.

Vedelate biokütuste tootmine Eestis on algfaasis. Biodiisli suuremahulist tootmist kavandav Biodiesel Paldiski AS võimsusega 100 000 tonni aastas on ehitusjärgus. Seisuga 02.03.2007 on väljastatud 11 biokütuse tootmisluba. 1. oktoobri 2006 seisuga toodeti Eestis 4908 t biokütust (biodiislit), millest eksporditi 85%. (2).

Ajaleht Äripäev **(**26) andmeil on september 2007. a seisuga väikesed biodiisli tootjad, keda on Eestis umbes pool tosin oma tootmise peatanud. Siiski loodavad nad tõusva aktsiisimaksu toel oma tootmise uuesti käivitada.

Biodiislit võib toota erinevatest taimeõlidest ja ka loomarasvast, kuid Eesti tingimustes on sobivaks kultuuriks rapsiõli. Biodiislit võib kasutada kas segatuna tavalise diisliga või puhtalt, kui mootor on biodiisli jaoks vastavaks tunnistatud või kohandatud. Biodiisli segu tavalise diisliga on võimalik kasutada kõikides diiselmootorites, sest biodiisel täidab kütuselisandi rolli määrimisomaduste parandamisel. Ta seguneb tavalise diisliga igas vahekorras.

Rapsiõli viskoossus on üle kümne korra suurem diiselkütuse omast. Madalamatel temperatuuridel muutub ta kummisarnaseks ja ei segune tavalise diisliga. Ka on rapsiõli leektäpp kõrgem kui diiselkütusel. Seetõttu on teda ohutum hoida ja käsitleda. Rapsiõli kasutamiseks mootoris tuleb lisada õlieelsoojendus. Biodiisli viskoossus ja süttimisomadused on samasugused nagu tavalisel diislil. Väheneb mootori kulumine. Biodiisli alkoholi komponendis on hapnik, mis hõlbustab kütuse täielikku põlemist. Väheneb tahma, CO ja süsivesinike heitmed. Kuna biodiislis praktiliselt pole väävlit, siis puudub vääveloksiidide emissioon.

Biodiislil nagu ka tavalisel diislil tuleb talvel kasutada lisandeid. Biodiisel hoidmisel oksüdeerub, seetõttu tuleb pikamaajalisel hoidmisel kasutada lisandeid.

Tabel 4.12. Biodiisli ja fossiilse diiselkütuse omadused (17)

	Tihedus kg/l	Viskoossus $m^2/s\ 10^{-6}$	Leektäpp ^0C	Kütteväär-tus 20^0C MJ/kg	Kütteväär-tus MJ/kg	Tsetaani arv	Kütuse ekvi-valent, l
Diisel-kütus	0,84	5	80	42,7	35,9	50	1
Rapsiõli	0,92	74	317	37,6	34,6	40	0,96
Biodiisel	0,88	7,5	120	37,1	32,6	50	0,91

Ühe liitri biodiisli energia on 10% väiksem kui tavalisel diislil, kuid tema tsetaanarv ja määrimisomadused on paremad. Saksamaal läbiviidud uuringud näitavad, et praktikas ei ole kütusekulu vahe suurem kui 5%, mis on tingitud biodiisli teistest soodsatest omadustest. Seguna kasutades ei ole kütusekulu vahe märkimisväärne (18). Pinnasesse või vette sattudes ta laguneb biodiisel üsna ruttu.

Biodiislis olev alkoholi komponent sisaldab hapnikku, mis soodustab kütuse täielikku põlemist. Võrreldes diiselkütusega sisaldavad biodiislikütusel töötava mootori heitgaasid vähem tahma, vingugaasi ja süsivesikuid. Biodiisel ei sisalda väävlit. Külma ilmaga kasutamiseks tuleb biodiislil nagu ka tavalisel diislil kasutada lisandeid. Teine probleem on, et seistes biodiisel oksüdeerub. Tema hoidmisel tuleb kasutada stabiliseerivaid lisandeid.

Tabel 4.13. Saastavate emissioonide mahtude vähenemine biodiisli kasutamisel (19)

Saasteaine	Muutus puhta biodiisli kasutamisel	Muutus 20% biodiisli segamisel diisliga
Süsivesinikud /HC)	-67%	-20%
Vingugaas (CO)	- 47%	-12%
Tahm	- 48%	-12%
Lämmastikoksiid	+10%	+2%

Biodiislil on mõned lahustitega sarnased omadused. Seetõttu ta võib lahustada plastik ja kummist detaile nagu tihendid, kütusevoolikud. See võib põhjustada probleeme mootorites, mis pole biodiislile kohandatud. Kui mootor on töötanud pikka aega tavalise diisliga ja siis kasutada biodiislit siis ta lahustab ja leotab lahti sette kütusepaagis. Ummistub kütusefilter (20).

Biodiisel puhastab kütusesüsteemi kasutamisel tekkinud vaikudest ja väldib düüside ummistumist.

Üle 20% biodiislit sisaldava segu kasutamisel tuleks mootoris asendada mõned biodiisli lahustiomadustele tundlikud detailid.

Eesti standardi järgi tohib kasutada 5%-st biodiisli segu. Selleks pole vaja mootorit kohandada ja biodiisel täidab rohkem määrimisomadusi parandava kütuselisandi rolli.

Mõned automudelid on kohandatud biodiisli tarbimiseks (20, 21).

4.6.1. Biodiisli tootmine

Õli eraldamine rapsiseemnetest võib toimuda väikesemastaabiliselt otse seemne tootja juures või tööstuslikult. Väikemastaabilisel õli pressimisel toimub puhastatud rapsiseemnete mehaaniline pressimine maksimaalselt 40°C juures. Tahked lisandid pressitud õlist eraldatakse setitamise ja filtreerimise teel. Pressijääk – õlikook sisaldab kuni 10% õli ja on proteiinirikas loomasööt. Reeglina on selline õlitootmise kallim kui tööstuslik. Samas võib jääki kohe kasutada söödaks.

Tööstuslikul õlipressimisel rapsiseeme kuivatatakse 9% niiskusesisalduseni, puhastatakse, purustatakse. Seemned soojendatakse 80°C ja pressitakse õli välja. Sel viisil saadakse kätte kuni 75% õli. Saadud toorõli filtreeritakse ja eraldatakse vesi

Pressimisest jäänud õlikook purustatakse ja talle lisatakse lahustit. Saadakse rapsiõli segu lahustiga ja tahke jääk. Lahusti eraldatakse mõlemast komponendist ja läheb uuesti kasutusse. Selliselt saadud õli sisaldab soovimatuid komponente ja vajab rafineerimist. Rafineerimisel eraldatakse toorõlist fosfaadid, rääsunud vabad rasvhapped, raskemetallid, fenoolid. Rafineerimiseks kasutatakse mitmeid meetodeid nagu neutraliseerimine leelisega, destilleerimine, hapete eraldamine ümberesterdamisega jne. Viimaseks rafineerimise protsessiks on vee eraldamine.

Ümberesterdamisel muudetakse rapsiõli molekuli struktuuri ja sellega ka füüsikalisi omadusi. Õli triglütseriifdid reageerivad metanooliga ja moodustuvad rasvhappe metüülestrid (biodiisel) ning glütseriin. Alkoholina kasutatakse ümberesterdamise tavaliselt metanooli tema odavama hinna ja kõrgema reaktiivsuse tõttu. Reaktsioon toimub atmosfääri rõhul temperatuuril 55°C. 10 – 20 osa metanooli segatakse 80 – 90 osa õliga katalüsaatori Na-metülaadi juuresolekul. Kasutatakse ka teisi katalüsaatoreid. Kuna õli ei lahusta metanooli tuleb reaktsiooni toimumiseks neid pidevalt segada.

Metanool valmistatakse fossiilsest toorainest, tavaliselt maagaasist. Täielikult taastuva biodiiselkütuse saamiseks võib alkoholina kasutada bioetanooli. Saadakse biodiiselkütus rasvhappe etüülester.

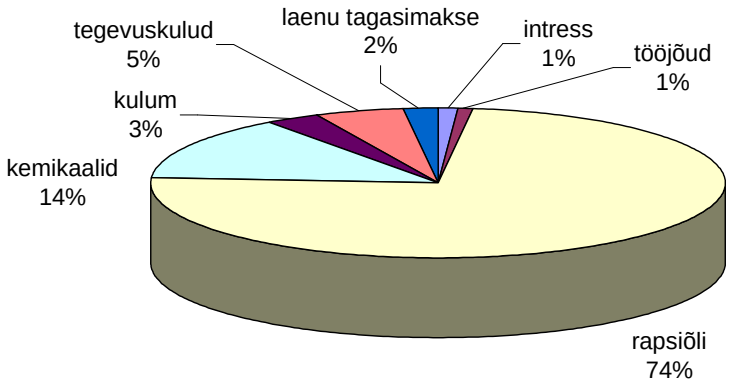
Reaktsioonil tekkiv glütseriin eraldatakse separaatoris.

Saadud biodiisel sisaldab glütseriini jääke, seepe ja katalüsaatorit. Metüülestri puhastamiseks lisatakse talle vett ja sidrunhapet, mis hiljem tsentrifuugimisel eemaldatakse. Metüülestri lõplikuks puhastamiseks, mille käigus eemaldatakse lõplikult vesi ja metanooli jäägid kuumutatakse teda temperatuurini 110°C. Aurustunud metanool kondenseeritakse ja suunatakse rektifikatsiooni kolonni, mis töötab atmosfääri rõhul. Eraldatud metanool läheb uuesti kasutusse.

Biodiiselkütuse tootmisprotsessi kõrvalsaaduseks on mitmesuguseid jääke ja vett sisaldav toorglütseriin. Ta moodustab kuni 10% toodangu lõppmahust. Glütseriin on värvitu vedel keemiline aine, mida nimetatakse ka glütserooliks või 1,2,3-propaantrioolik ($C_3H_8O_3$). Toorglütseriini võib puhastada. Erineva puhtusastmega glütseriini kasutatakse tubakatööstuses niiskuse reguleerimiseks, plastmasside tootmisel, toiduainete tööstuses, meditsiinis salvide tootmiseks, keemiatööstuses värvide tootmisel, sõjatööstuses (nitroglütseriin) jne. Eesti Keemiatööstuste Liidu andmeil on tehnilise glütseriini aastane tarbimismaht umbes 20 tonni. Seoses biodiisli tootmise arenemisega on glütseriini pakkumine maailmas suurem kui nõudmine ning glütseriini müügiga võib tekkida raskusi. Euroopa Liidu 2004. aasta glütseriini tarve oli 275 tuhat tonni. Veel säilinud sünteetilise glütseriini tehases toodeti 36 tuhat tonni. Kui EL asendada 5% diiselkütusest biodiisliga, siis tekib selle tootmisel umbes 1150 tuhat tonni glütseriini.

Oleks mõeldav glütseriini segamine loomasööda tootmisel rapsikoogi juurde. Võimalik on ka tema kasutamine katlakütusena.

4.6.2. Biodiisli omahind



Joonis 4.2. Biodiisli omahinna struktuur (22)

Omahinnas on otsestele tooraine ja energia kuludele lisatud ka kulumi, tegevuskulude, püsikulude, laenu tagastamise ja intressi kulud. Kulumi, laenu tagastamise ja intressi kulud on arvestatud eeldusel, et tehas töötab 10 aastat täisvõimsusel ehk nende hinnale. Olulised on ka protsessis kasutatavate kemikaalide (eeskätt metanooli) hinnad. Tööjõu kulu on väheoluline.

Biodiisli valmistamisel on tooraineteks rapsiõli (88%), metanool (8%), kemikaalid (Na-metülaat, sidrunhape, väävelhape, fosforhape, naatriumhüdroksüüd jt. (4%). Seega rapsiõli ja metanool on põhilised toorained, mis mõjutavad kõige rohkem lõpptoodangu hinda. Tööjõukulu on seejuures väheoluline. Arvutuses on võetud omavahendite osakaal 30%, Laenu intress 5%, aastane kulum 10% investeeringust.

Biodiisli tootmishind sõltub rohkem tooraine hinnast kui bioetanooli hind. Nagu ka bioetanooli tootmisel avaldab tootmishinnale mõju tehase ühikvõimsus, kuid tema mõju on väiksem kui etanooli tootmisel. Rapsiseemnest biodiisli tootmisel oli EL biodiisli tootmishind 0,35-0,55 $/diisel-ekv. liiter (6).

Põhjalikult on biodiisli hinda analüüsitud töös (22) “Biodiisli tootmise alustamise tasuvuse analüüs”. HeiVäl Consulting Group, Tallinn, 2004.

TRIAS, 2007 (30) on kasutades kõige odavaimaid lahendusi ja realistlikult hinnates kaasproduktide realiseerimise võimalusi (glütseriin ja etanooli tootmise jäägid loomasöödaks) kalkuleerinud biokütuste tootmise tootmishinda. On märgitud, et suuremahulise tootmise korral tuleb kaasprodukte kasutada kütusena, mis tõstab tootmishinda. Samas töös prognoositakse, et aastaks 2010 on käivitunud teise põlvkonna biokütuste suuremastaabiline tootmine ja alles aastateks 2020 – 2030 on ühtlustunud teraviljast ja lignotselluloosist bioetanooli tootmishinnad.

Tabel 4.14. Biokütuste tootmishinnad

Biokütus	**Tootmishind EUR/toe**
Rapsist toodetud biodiisel	716
Bioetanool nisust	649 – 724
Bioetanool suhkrupeedist	699 – 716
Etanool lignotselluloosist (õled)	955
Sünteetiline diiselkütus (energiavõsa)	1147

Biodiisli tootmiseks vajalikku tehnoloogiat toodavad mitmed Euroopa ettevõtted. Osa neist on loetletud (HeiVäl 2004). Seadmeid toodavad ka Marina- Biodiesel GmbH (Saksamaa) (27), BioDiesel International AG (28) (Austria), Biorafineria SK (Slovakkia) jt.

Biodiislikütuse tootmiseks vajalikku metanooli toodavad mitmed Venemaa ja Ukraina tehased.

Euroopa biodiisli tootjail on oma ühendus: European Biodiesel Board (16).

Biodiisli tootmist ja kasutamist Eestis on koos ekspertidega analüüsinud Riigikontroll (24). Oma hinnangus märgitakse puudusi biokütuste kasutuselevõtus Eestis (Riigikontrolli aruanne nr OSIV-2-6/06/25, 28.04.2006 "Riigi tegevus rapsi ja biodiislikütusega seotud küsimuste käsitlusel"). Märgitakse, et tarbijatel puudub kindlus transpordis kasutatavate biokütuste kvaliteedi suhtes ja seega ka valmisolek biokütuseid kasutada. Samuti puuduvad nõuded erinevate biokütuste liikide kohta, pole üle võetud kõiki standardeid ega tagatud järelvalvet biokütuste kvaliteedi üle.

Põllumajandusministeeriumi koostatud " Põllumajandustoodangu prognoos aastateks 2003-2013" on toodud rapsi optimaalse külvipinna ja saagikuse prognoos. Nähakse ette rapsi külvipinna suurenemist kuni 60 000 ha, ja saagikuse suurenemist seniselt 1,5 t/ha kuni 2,2-2,4 /ha. Tegelikult on rapsi saak senikasvanud ainult külvipinna suurenemise arvel ja tema külvipind on ületanud prognoositava.

Tabel 4.15 Rapsi kasvatamine Eestis

	2003	2004	2005	2006	2007
Pindala, ha	46 300	50 400	46 600	62 500	72 500
Kogutoodang, t	69 200	68 400	83 100	84 600	
Saagikus, t/ha	1,494	1,362	1,781	1,354	

Allikas: Põllumajandusministeerium

Saksamaal, kus toodetakse biodiislit suurtes kogustes on rapsi saagikus 3 – 4 t/ha. Seal kasvatatakse talirapsi, meil valdavalt suvirapsi. Rapsi külvipinna edasist suurenemist ilmselt ei toimu. 84 600 tonnist rapsist saab toota kuni 30 000 tonni biodiislit, mis moodustaks natuke üle nelja protsendi 2010. aasta eeldatavast kerge kütteõli ja diiselkütuse tarvidusest. Seega on Eestis rapsi kasvupinna piir saavutatud ja biodiisli tootmine ei loo põllumajanduses juurde uusi töökohti. Eestis biodiislit toota plaanivad ettevõtjad kavatsevad importida tooraine kolmandatest riikidest, peamiselt Venemaalt.

2006. aastal kasutati Statistikaameti andmeil loomasöödaks õlikooki 81 582 tonni, millest kohaliku päritoluga oli 43 090 tonni.

4.7. Biokütuste tootmise energiabilanss

Energiabilanss on biokütuse tootmiseks kulutatud energia suhe biokütuse enda energiasse. Energiat, tavaliselt fossiilse kütuse näol, on vaja biokütuse tooraine – teravilja või õlikultuuri kasvatamisel kasutatavate väetiste ja taimekaitsevahendite tootmiseks, põllumajandus- ja transportmasinatele, põllumajanduslikust toorainest kütuse tootmiseks.

Tooraine (biomassi) kasvatamiseks kulutatud energia kogus sõltub biomassi liigist, klimaatilistest tingimustest, mullaviljakusest, kasutatavast agrotehnikast, biokütuse tootmise tehnoloogilisest protsessist. Troopilistes tingimustes kasvatataval bioetanooli toorainel suhkrurool on energiatarve palju väiksem, kui mõõduka kliimaga piirkonnas kasvatataval

nisul või rapsil. Tihti kultiveeritakse troopikas kultuure käsitsi väga väikese fossiilse kütuse vajadusega ja kasutatakse vähe väetisi ning taimekaitsevahendeid.

Bioetanooli tootmisel on suhteliselt suur energiakulu tootmisel. Tootmisefektiivsus on parem suuremahulisel tootmisel. Bioetanooli tootmiseks vajakliku soojuse tootmisel kasutatakse katlakütuseks maagaasi, kivisütt. Oluline bioetanooli tootmise kõrvalsaadus on proteiinirikas loomasööt kook. Selle kuivatamiseks on samuti vaja soojust. Kooki on võimalik kasutada ka energia tootmiseks.

Ameerika Ühendriikide Põllumajandusministeerium on avaldanud ülevaate (35) maisist etanooli tootmise energiabilansi alaste uuringute kohta. Erinevais uuringuis on netoenergia (bioetanooli energia miinus tema tootmiseks kasutatud energia) nii positiivne kui ka negatiivne. Ülevaates refereeritud Cornelli Ülikooli professor David Pimentel on saanud tulemuse, kus bioetanooli tootmiseks kulutatud energia ületab 1,34 korda tema energia-sisalduse. Ta on seejuures näiteks arvesse võtnud ka tehase seadme ja betooni valmistamiseks kasutatud energia. Siiski on enamikes ülevaates refereeritud uuringutes saadud, et ühe etanooli energia ühiku kohta on kasutatud 0,6 kuni 0,8 ühikut fossiilset kütust.

Bioetanooli tootmisel lignotselluloosist on energiavajadus 1,1 – 1,9 energiaühikut ühe etanooli energiaühiku kohta (6). Suurem osa sellest kaetakse bioetanooli tootmisjäägi ligniini ja ka biomassi energiaga. Fossiilse energia osa on 0,1 – 0,25.

Nisust ja suhkrupeedist etanooli tootmise energiabilanssi iseloomustab Tabel 4.16. Tabelis on võrdluseks toodud ka energia kulud bensiini tootmiseks.

Tabel 4.16. Bioetanooli tootmise energiabilanss (23)

	Suhkrupeet Kook söödaks	**Suhkrupeet Kook kütteks**	**Nisu Maagaasi katel loomasööt**	**Nisu õled kütteks loomasööt**	**Nisuõled**	**Puit**	**Bensiin**
F	0,82	0,3	0,87	0,27	0,1	0,25	0,2

F=(MJ fossiilset energiat)/(MJ biokütuse energiat)

Biodiisli tootmine on vähem energiamahukas

Tabel 4.17. Biodiisli tootmise energiabilanss tootmisel rapsiseemnest (23)

	Biodiisel Glütseriin loomatoiduks	**Biodiisel Glütseriin kemikaaliks**	**Diiselkütus**
F	0,4	0,43	0,18

Teiste maade andmed ei pruugi kehtida Eesti kohta. Näiteks on Saksamaal rapsi hektarisaak kolm korda suurem kui Eestis ja seetõttu ka saadud biodiisli hulk sama arv kordi suurem. Kuna seal kasvatatakse talirapsi, mis valmib juulikuus, siis pole tavaliselt seemet ka vaja kuivatada.

Eestis on biodiisli valmistamiseks vajalikke energiakulusid hinnanud Eesti Riigikontroll koos Maaviljeluse Instituudiga (24).

Võeti arvesse energiakulu rapsi kasvatamisel, õli tootmisel ja esterdamisel biodiislikütuseks. Rapsi saagikuse tasemeks võeti Eesti aastate 2000 – 2004 keskmine saak, st 1,5 t/ha.

Rapsi saagikuse juures 1,5 t/ha saab ühe kulutatud mahuühiku vedelkütuse puhul tagasi 1,3 – 1,4 mahuühikut biodiislikütust. Siin on maagaasi, kivisöe, põlevkivi kulu väetiste ja taimekaitsevahendite tootmiseks, tootmisel vajaliku elektrienergiatootmiseks jne. ümberarvutatud vedelkütuseks. Arvesse ei ole võetud maagaasi kulu metanooli tootmiseks.

Kontrollaruandes tullakse järeldusele, et biodiislikütuse tootmine rapsist on Eestis energeetiliselt otstarbekas.

Seni pole tehtud Eesti tingimustele vastavat uurimist etanooli tootmise energeetilise otstarbekuse kohta.

4.8. Kasutatud allikad

1. Alkoholi-, tubaka-ja kütuseaktsiisi seadus, 30.06.2002
2. http://www.brienery.com/index.html
3. HeiVäl Consulting. Transpordis kasutatavas kütuses biokütuse osatähtsuse suurendamiseks vajalikud meetmed, nende maksumus ja mõju kütuseturule. Tallinn, 22 juuni 2007.
4. http://www.refuel.eu/home
5. A.Demirbas. Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel from Biomass, Energy Sources, 27: 327-337, 2005.
6. IEA Biofuels for Transport. An International Perspective. 2004
7. European Biomass Industry Association www.ebia.org/212.0.html
8. A. Rosenberger, H.-P. Kaul, T. Senn, W. Aufhammer. Coct of bioethanol production from winter cereals. The effect of growing conditions ands crop production intensity levels. Industrial crops and products, 15 (2002) 91-102.
9. H. Liimatainen, T. Kukkanen, J. Kääriainen. Development of Bio-ethanol Production from Waste Potatoes. Http://www.oulu.fi/resopt/wasmin/liimatainen2pdf
10. www.btg.cz/en/en.phn
11. A. Rosenberger, H.-P. Kaul, T. Senn, W. Aufhammer. Cost of bioethanol production from winter cereals: the effect of growing conditions and crop production intensity levels. Industrial Crops and Products 15 (2002) 91-102
12. http://www.lurgi.com/website/fileadmin/user_uplood/pdfs/13_Bioethanol.Epd
13. European Biomass Industry Association www.ebia.org/212.0.html
14. Leevi Mölder. Etanool bensiinilisandina http:www.emu.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=261348/Etanool+bensiini-lisandina.pdf.
15. Halvorsen, K.C. 1998 The Necessary Components of a Dedicated Ethanol Vehicle, Http://www.wesbioenergy.org/report/55019/55019-final.htm
16. www.ebb-eu.org
17. D.Rutz, R. Janssen, BioFuel Technology Handbook, WIP Renewable Energies, 2007
18. (http://wwwagqm-biodiesel.de/downloadsWarheitenBiodiesel_englisch.pdf
19. http://www.biodiesel.org/pdffiles/emissions.PDF
20. BAA, 2003.a. Fact Sheet: Biodiesel Usage, Biodiesel Association of Australia, http://www.biodiesel.org.au/
21. Http://wwwkeskkonnaveeb.ee/kirjandus/raamatud/biodiisel.pdf “Biodiisli tootmine ja kasutamine”. A. Noorvee, E. Põldvere

22. Biodiesel: Handling and Use Guidelines, National Renrwable Energy Laboratory, NREL/TP-580-3004. http://www.ott.doe.gov/biofuels/pdfs/biodiesel-handling.pdf
23. "Biodiisli tootmise alustamise tasuvuse analüüs". HeiVäl Consulting Group, Tallinn, 2004
24. WTT Report 010307.doc Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context
25. Riigikontrolli kontrollaruanne. Riigi tegevus rapsi ja biodiislikütusega seotud küsimuste käsitlemisel. Tallinn, 2006.
26. WP5 report-Country specific conditions, 2005
27. Äripäev, 19.09.2007
28. http://www.marina-biodiesel.de
29. http://www.biodiesel-intl.com
30. http://www.-vogelbusch.com/technology/bioethanol_faq.htm
31. http://www.isi.fraunhofer.de/trias/index.htm
32. A. McAloon, F. Taylor, W. Yee, K. Ibsen, R. Wooley. Determining the Cost of Producing Ethanol from Corn Starch and Lignocellulosic Feedstocks. 2000. NREL/TP-580-28893. http://devafdc.nrel.gov/pdfs/4898pdf
33. R. Wooley, M. Ruth, J. Sheehan, H. Majadeski, H. Galvez. Lignocellulosic Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis Current and Futuristic Scenarios. 1999. http://www.ott.doe.gov/biofuels/processengineering.htm
34. Ralph E. H. Sims (Editor) Bioenergy Options for a Cleaner Environment: in Developed and Developing Countries. Elsevier Ltd. 2003. 184pp.
35. Donald L. Klass. Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals. Elsevier Ltd. 1998. 720 pp
36. R. Shapouri, H. J. Duffield and M. Wang, 2002, The Energy Balance of Corn Ethsanol: An Update US Dept. of Agriculture, Agriculture economic Report #813, http://www.transportation.anl.gov/pdfsAF/265.pdf
37. Joel K. Bourne Jr. National Geographic, October 2007, vol 212 No 4
38. Biovizyon Ldt. http://www.biovizyon.com
39. Igelspachen R. (2003) Ganzheitliche Systemanalyse zur Verkehrssector – Energie und Anwendungstechnik; Institut für Energietechnik TU München, http://www.stmlf.bayern.de/landwirtschaft/nachwachsende_rohstoffe/14504/linkurl_0_2_0_0.pdf
40. Biokütuste maksustamine ja vedelkütuste erimärgistamine. L. Lelumees, Rahandusministeerium, Maksupoliitika osakond. Ettekanne seminaril, 24. oktoober, 2007

5. BIOMASSI TOODETE ELUTSÜKLI HINDAMINE

5.1. Olelustsükli hindamise standardid

Toodete olelustsükli hindamise metoodika aluseks on olelustsükli hindamise Eesti Vabariigi standardid EVS-EN ISO 14040:2006 ja EVS-EN ISO 14044:2006, mis põhinevad vastavatel EL-i standarditel EN ISO 14040 ja EN ISO 14044. Kõik ametlikult läbiviidavad toodete olelustsükli hindamised peavad järgima antud standardites sätestatud hindamise skeemi ja põhimõtteid.

5.1.1. Standard EVS-EN ISO 14040:2006

Standard EVS-EN ISO 14040:2006 „Keskkonnakorraldus. Olelustsükli hindamine. Põhimõtted ja raamistik." („*Environmental management- Life cycle assessment-Principles and frameworks*") määratleb olelustsükli hindamise läbiviimise metoodika ja hindamise põhimõttelise käigu.

Standard koosneb:

1) Olelustsükli hindamise üldisest kirjeldusest, käsitledes eraldi:
- olelustsükli hindamise põhimõtteid,
- hindamise etappe,
- hindamise iseärasusi,
- tootesüsteemi üldist kontseptsiooni;

2) olelustsükli hindamise metoodilisest raamistikust, sh detailsemalt:
- hindamisele esitatavad üldisi nõudeid,
- hindamise eesmärk ja ulatust,
- olelustsükli inventuuri analüüsi,
- olelustsükli mõju hindamist ja olelustsükli interpreteerimist;

3) juhistest olelustsükli hindamise aruande koostamiseks;

4) olelustsükli hindamise rakendamise valdkondade näitlikust loetelust.

Hindamise põhietappideks standardi kohaselt on:

I hindamise ulatuse ja eesmärgi määratlemine;

II inventuuri(andmiku) analüüs;

III mõjude hindamine;

IV interpreteerimine.

Seosed standardis kirjeldatud olelustsükli analüüsi etappide vahel on kujutatud joonisel (vt Joonis 5.1).

5.1.2. Standard EVS-EN ISO 14044:2006

Standard EVS-EN ISO 14044:2006 „*Environmental management- Life cycle assessment-Requirements and guidelines*" koosneb:

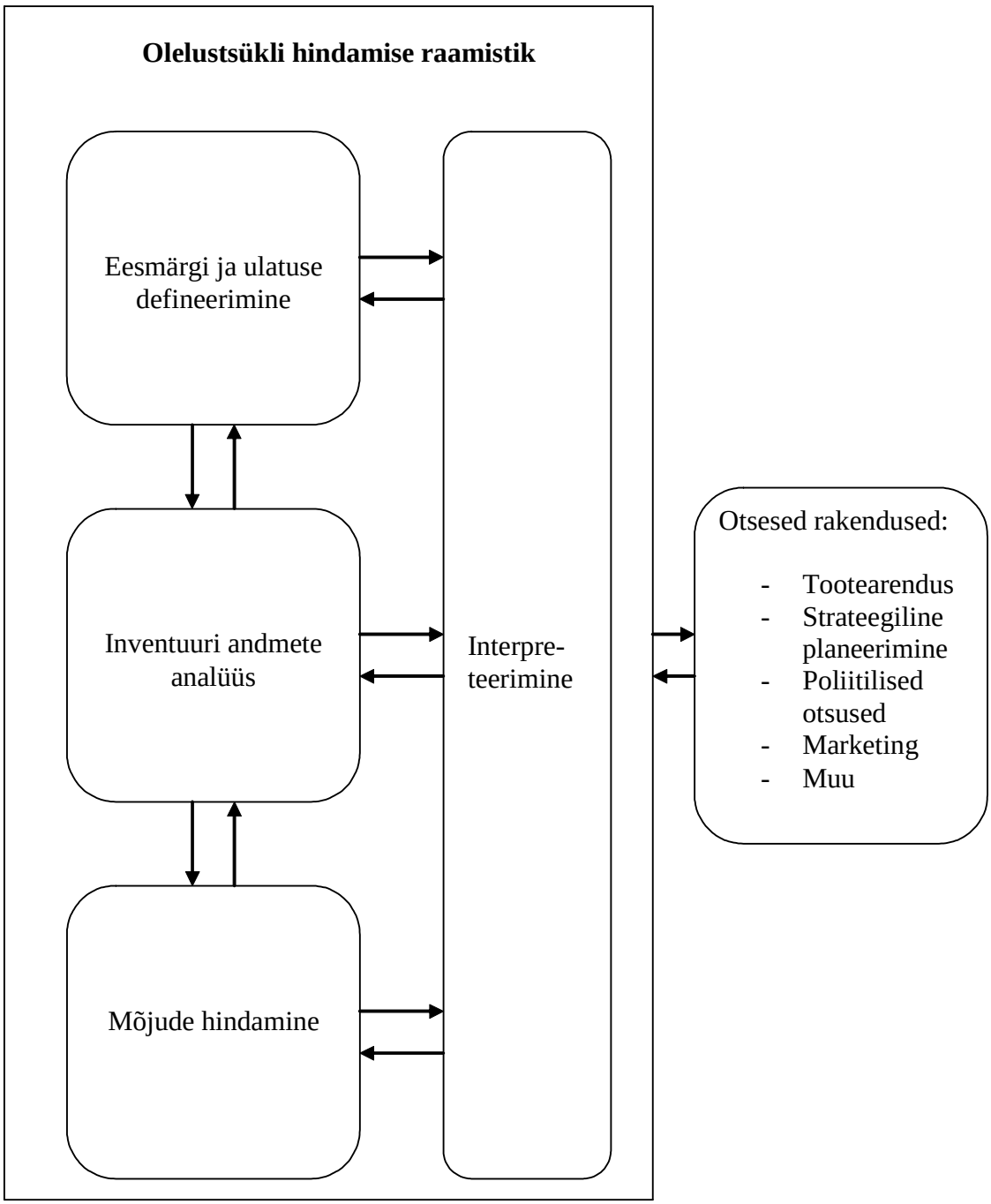
1)Olelustsükli hindamise metoodilisest raamistikust, kus on kirjeldatud:
- hindamisele esitatavad üldised nõuded,
- hindamise eesmärk ja ulatus,

- olelustsükli inventuuri analüüs,
- olelustsükli mõju hindamine ja olelustsükli interpreteerimine.

2)Olelustsükli hindamise aruande koostamise juhisest.

3)Kvaliteedikontrolli *(critical review*) kirjeldusest.

4)Näidetest andmete kogumise ja olelustsükli interpreteerimise kohta.



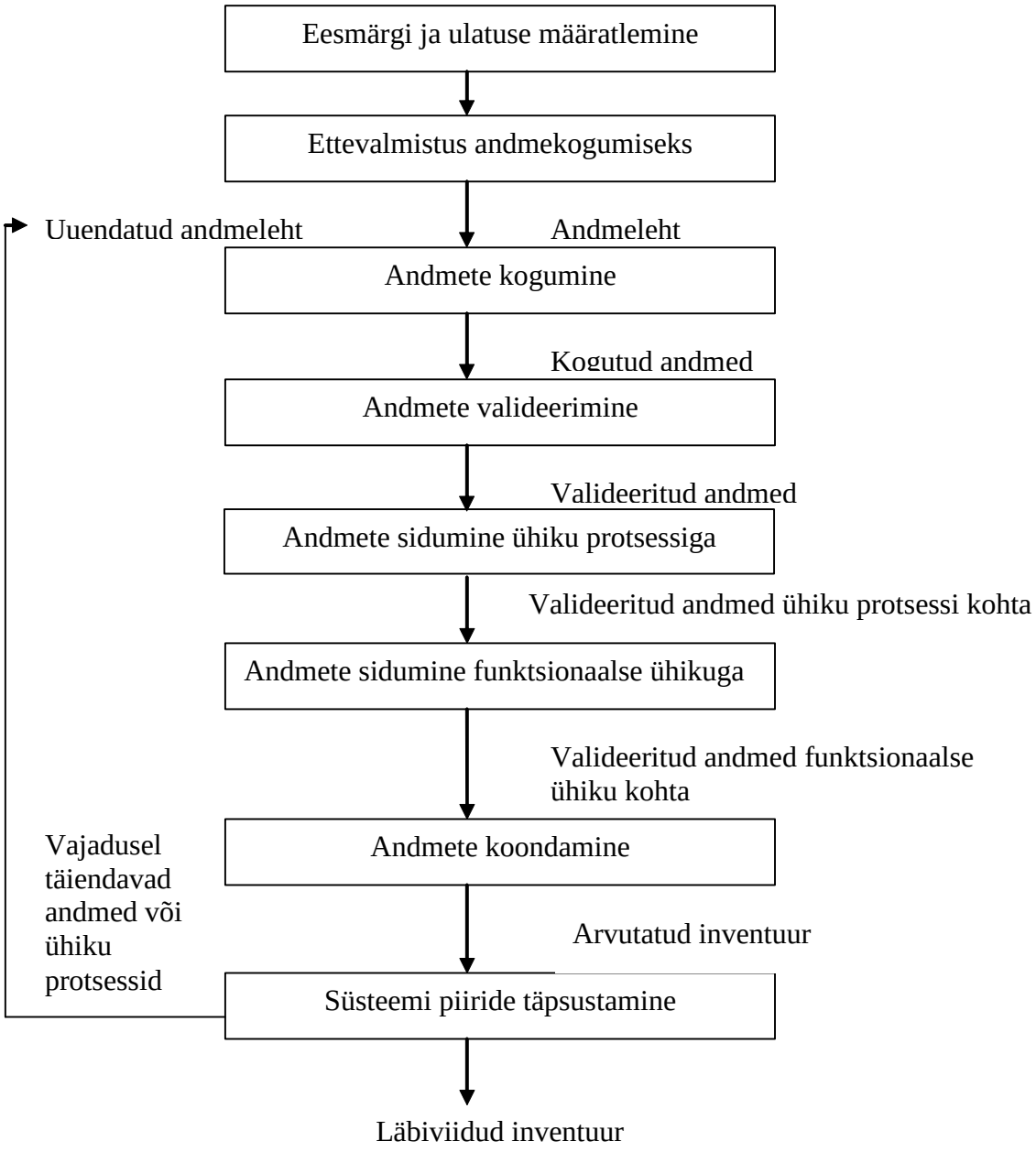
Joonis 5.1. Olelustsükli hindamise etapid

(Kuigi standardi EN ISO 14044:2006 mõnede peatükkide pealkirjad kattuvad üks-üheselt standardi EN ISO 14040:2006 peatükkidega, puudub sarnase pealkirjaga peatükkidel sisuline kattuvus.)

Standardis käsitletava ühe olelustsükli hindamise sõlmprobleemi – inventuuri analüüsi-lihtsustatud käik on esitatud joonisel (vt Joonis 5.2).

Võrreldes eelmise standardiga keskendub standard EN ISO 14044:2006 rohkem olelustsükli hindamise praktilistele probleemidele.

Järgnevas peatükis 5.2 toodud biokütuste olelustsükli skeem ja selle hindamise raamistik on kooskõlas peatükis 5.1 käsitletud standarditega.



Joonis 5.2. Inventuuri analüüsi lihtsustatud käik

5.2. Biokütuste olelustsükkel

Biokütustele omistatakse võrreldes fossiilsete kütustega küll mitmeid eeliseid, kuid vaatamata sellele ei saa biokütuseid pidada fossiilsetest *a priori* paremaks ei tootmiseks vajaliku primaarenergia kulu ega kasvuhoonegaaside emissiooni aspektist. Halvemal juhul võivad biokütused selles osas fossiilseid kütuseid isegi ületada. Biokütuste objektiivseks võrdlemiseks fossiilsete kütustega ja nende võimaliku paremuse tõestamiseks osutub kindlasti vajalikuks määratleda ja hinnata vastavaid olelustsükleid. Olelustsüklid võivad suures ulatuses varieeruda sõltuvalt biokütuste tootmise toorainest, geograafilisest asukohast, tootmise kaasproduktidest, tootmise tehnoloogiast ja lõpptoodangu (biokütuse) kasutusviisist. Sellise variantide paljususe juures tuleb aga tõdeda, et biokütuste olelustsükli põhilised etapid on suhteliselt muutumatud.

Biokütuste olelustsükli põhilised etapid on kujutatud joonisel (vt Joonis 5.3). Tsükkel koosneb reast vertikaalsetest etappidest:

1) biomassi tootmine;
2) biomassi transport;
3) biomassi töötlemine;
4) biokütuse laialivedu;
5) biokütuse kasutamine.

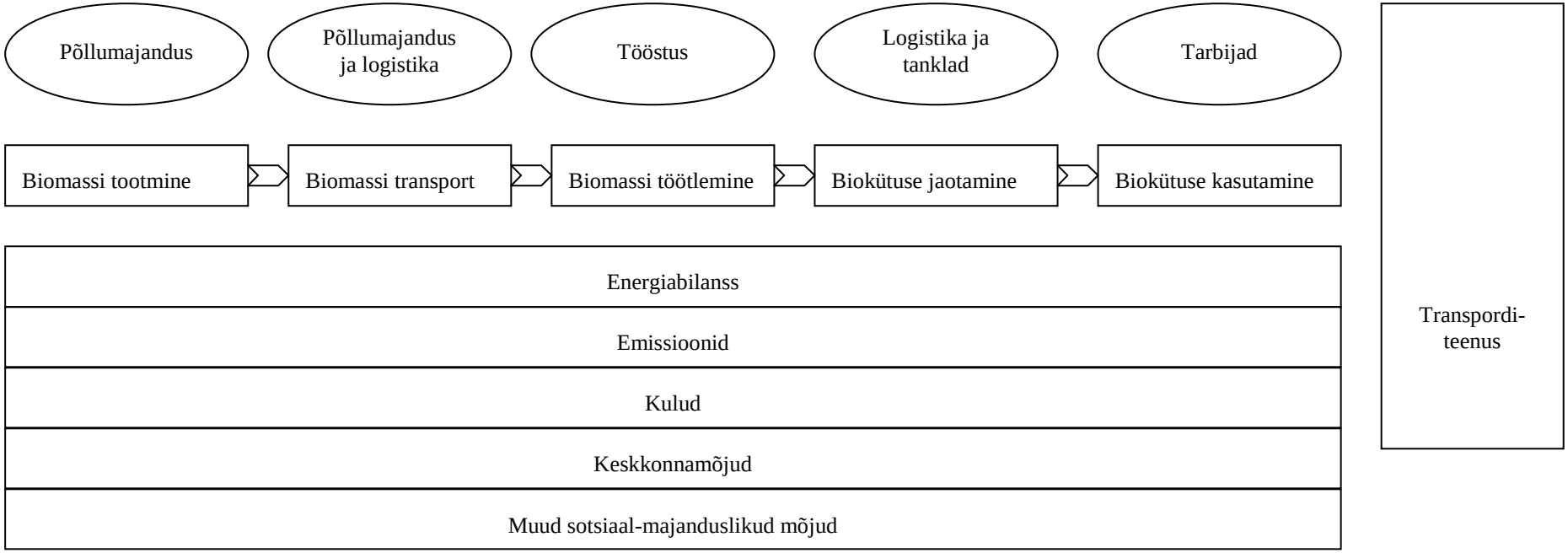
Ülaltoodud biokütuse olelustsükli etappidele tuleb lisada biomassi tootmiseks vajalikud väetise, seemne ja pestitsiidide tootmise etapid.

Biokütuse tootmisprotsessi kõikidel etappidel on kaasatud erinevad tootjad. Biomass toodetakse farmerite poolt, selle transpordil võivad osaleda nii farmerid, logistikafirmad kui ka biokütusetööstus. Biomassi kütuseks konverteeriv tööstus võib kuuluda farmeritele või olla iseseisev haru. Toodetud kütis viiakse bensiinijaamadesse laiali transpordifirmade poolt. Olelustsükli viimaseks lüliks on biokütuse tarbijad.

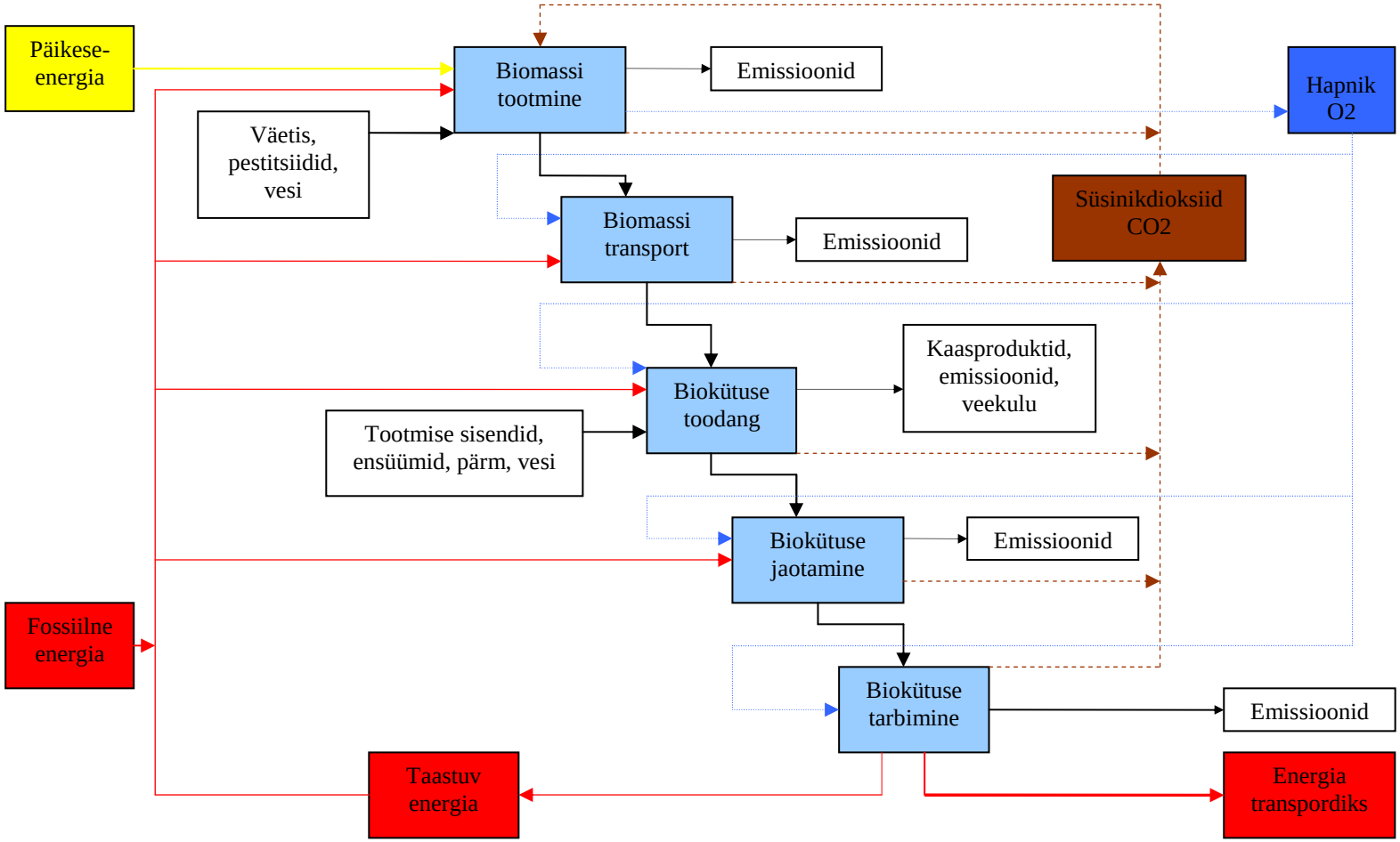
Kõiki biokütuste olelustsükli etappe mõjutavad horisontaalsed tegurid, mida tuleb erinevate biokütuseliikide omavahelisel võrdlemisel või võrdlemisel fossiilsete kütustega võimalikult täpselt hinnata. Põhilised arvessevõtmist vajavad horisontaalsed tegurid biokütuste olelustsükli analüüsil on:

1) energiabilanss; emissioonid;
2) kasvuhoonegaaside emissioonid;
3) keskkonnamõjud ja
4) sotsiaal-majanduslikud mõjud.

Näiteks koosnevad biokütuse tootmise kogukulud biomassi tootmiskuludest, biomassi transpordikuludest, biomassi töötlemiskuludest biokütuseks ja kütuse laialiveo kuludest.



Joonis 5.3. Biokütuste tootmise olelustsükli põhimõtteline skeem



Joonis 5.4. Ülevaade biokütuste olelustsükli kõikide etappide energiavoogudest ja emissioonides

Samuti tuleb lisada biokütuse lõppjaotajate (bensiinijaamade) maksud ja kasum. Kõik need tegurid mõjutavad kokkuvõttes biokütuse lõpphinda bensiinijaamas. Analüüs peab arvestama ka biokütust vedava veeremi kuludega ja vedaja tasudega. Äärmiselt oluline on ka väliskulude *(externalities*), nagu näit. keskkonnamõju arvessevõtmine, sest väliskujud võivad olelustsükli tegelikku tulude-kulude vahekorda tugevasti mõjutada.

Keskkonnakriteerium biokütuste olelustsükli hindamisel koosneb valdavalt kasvuhoonegaaside ja (toodetava) energia vahekorras, mida tuleb usaldusväärsete tulemuste saamiseks kogu olelustsükli jooksul hoolega mõõta ja jälgida. Ülevaade biokütuste olelustsükli energiavoogudest ja emissioonidest on toodud joonisel (vt Joonis 5.4). Nagu jooniselt nähtub, vajavad kõik olelustsükli etapid energiat. See tõsiasi sunnib olelustsükli analüüsil tähelepanu pöörama kõikide etappide energiavoogudega seotud näitajatele ja arvestama ka energiatarbimisega paratamatult kaasnevate emissioonidega. Eriti oluline on olelustsükli etapiti kindlaks määrata süsinikdioksiidi emissioon.

Suureks peetakse biokütuste potentsiaali sotsiaalmajanduslike hüvede loomisel. Näiteks luuakse olelustsükli jooksul uusi töökohti põllumajanduses, mille tagajärjel tõuseb selles sektoris nii tööhõive kui sissetulek.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et otsuse biokütuste eelistamise kohta fossiilsetele kütustele võib teha ainult pärast kogu olelustsükli analüüsi. Sama kehtib ka fossiilsete kütuste puhul, mille olelustsükli hindamisel tuleb arvesse võtta järgmisi etappe:

1. toorõli leiukohtade otsimise ja avastamine;
2. toorõli tootmine;
3. toorõli transport;
4. toorõli töötlemine kütuseks (diisel ja bensiin)
5. kütuse laialivedu ja müük lõpptarbijale.

Sarnaselt biokütustega esinevad ka fossiilkütuste olelustsükli kõikidel etappidel energiakulu ja emissioonid, mida tuleb olelustsükli hindamisel analoogiliselt biokütustega arvestada.

5.2.1. Bioenergiatoodete energiabilanss ja efektiivsus

Kütuseks kasutatavate biomassitoodete energiabilanss sõltub kogu olelustsükli vältel lõpptoodangu saamiseks sisestatud energia ja lõpptoodangust saadava energia suhtest. Bioenergia toodete olelustsüklid on väga erinevad, sõltudes tooraine tootmiseks kasutatavast kultuurist, agrotehnilistest võtetest, geograafilistest tingimustest sõltuvast põllukultuuri tootlikkusest ja tootmisprotsessi tehnoloogiast. Olelustsükli keerukuse tõttu tuleks bioenergiatoodete bilanssi kajastavatesse andmetesse suhtuda alati ettevaatlikult. Näiteks on troopikas kasvavatest biokütuse toorainetest valmistatud kütuse bilanss puhtklimaatilistel põhjustel üldjuhul parem võrrelduna parasvöötmes kasvanud toormest valmistatud biokütusega. Lisaks kasutatakse troopilistes maades põllumajanduses rohkem käsitsitööd ja vähem väetisi, mis suurendab olelustsüklite võrdleval analüüsil seal toodetud biokütuste paremust. Biokütuste energeetiliste karakteristikute võrdlemiseks omavahel ja fossiilse päritolu kütustega kasutatakse peamiselt kahte näitajat, *energiabilanssi* ja *energeetilist efektiivsust*.

Energiabilanss on bioloogilisest toorainest valmistatud energiaprodukti energiasisalduse ja selle tootmiseks kulutatud energiahulga suhe. Olelustsükli analüüsil ei piisa vaid tootmiseks kulutatud fossiilse energia arvessevõtmisest, arvesse tuleks võtta ka biomassi enda energiasisaldus. Energiabilanss on positiivne, kui see suhe on suurem ühest.

Energeetiline efektiivsus on bioloogilisest toorainest valmistatud energiaprodukti energiasisalduse suhe kogu olelustsükli jooksul toimunud energiasisendisse, võttes arvesse nii

fossiilse kui taastuva energia sisendi ja biomassi enda energeetilise väärtuse sisendi. Energeetiline efektiivsus näitab biomassi kadusid konversiooniprotsessis vedelkütuseks ja võimaldab võrrelda erinevaid konversioonimeetodeid vedelkütuste tootmisel biomassist. Energeetilise efektiivsuse näitaja ei saa olla suurem ühest, sest energia mõningane kadu tootmisprotsessis on paratamatu.

Biokütuste energiabilanss on oluline mõõdetav karakteristik otsustamaks nende kasutamise positiivsete ja negatiivsete aspektide üle fossiilkütustega võrreldes. Et sotsiaalsetel ja mõnede arvamuste kohaselt ka ökoloogilistel kaalutlustel on soovitav biokütuste fossiilenergia-sisaldust vähendada, on energiabilanss biokütuste väidetava paremuse olulise näitajana nende propageerimisel laialdaselt kasutatav.

Transpordis kasutatavatel fossiilset päritolu kütustel on energiabilanss tavaliselt 0,8 ja 0,9 vahel. Biokütuste kasutamine on suuremas ulatuses majanduslikult ja ökoloogiliselt arvessetulev vaid juhul, kui nende vastav näitaja fossiilkütuste energiabilanssi ületab. Näiteks etanooli tootmisel nisust, suhkrupeedist ja maisist on energiabilanss 1 ja 2,5 vahel. Etanooli tootmisel suhkruroost on energiabilansiks saadud koguni 8. Need andmed näitavad, et biokütuste energiabilanss on fossiilkütustega võrreldes paljudel juhtudel parem.

Põhiliseks probleemiks energiabilansi hindamisel on süsteemi piiride määratlemine. Näitena määratlemise keerukusest võiks tuua küsimuse biokütuse tooraine tootmisel osalevate inimeste toitumise (energiasisend) arvestamisest või mittearvestamisest. Sama küsimus kerkib põllumajandustehnika tootmiseks kulutatava energiaga. Samuti puudub konsensus küsimuses, milline väärtus omistada tootmise kaasproduktidele. Näiteks sõltuvalt tehnoloogiast jäetakse olelustsükli esimestel etappidel (põllumajanduslik tootmine) tekkivad kaasproduktid kas põllule, kaitsmaks pinnast erosiooni eest ja ka väetiseks, või kasutatakse neid näiteks biomassina metanooli tootmisel. Samas on viimasel juhul vaja erosiooni vältimiseks ja väetamiseks täiendavalt kasutada energiat neelavaid agrotehnilisi võtteid ja väetisi. Seega on juba olelustsükli määratlemine, millest sõltub arvessevõetavate tegurite hulk energiabilansi arvutamisel, keeruline ja erinevate interpreteerimisvõimalustega. Tervikliku pildi saamiseks olelustsüklist tuleb aga kindlasti arvesse võtta etappe ja näitajaid:

- põllukultuuri tüüpi ja agrotehnilist protsessi;
- tootmispiirkonna geograafilisi ja klimaatilisi iseärasusi;
- kütuse tootmiseks kasutatavat tehnoloogiat;
- tootmise mahtu;
- tootmisel kasutatavat energiat ja selle päritolu;
- tootmise kõrvalproduktide kasutamist.

5.2.2. Bioenergiatoodete emisioonid

Peamiseks argumendiks biokütuste arendamisel on levinud paradigma globaalsetest kliima-muutustest, mille üldtunnustatud põhjuseks on olnud fossiilsete kütuste põletamine. Vastavalt paljude teadusuuringute tulemustele on globaalse soojenemise peamiseks põhjuseks kasvuhoonegaaside emissioonid. Peamiseks ja levinuimaks kasvuhoonegaasiks on süsinik-dioksiid (CO_2). Samuti tekitavad kasvuhooneefekti dilämmastikoksiid (N_2O), metaan (CH_4) ja mitmed teised gaasid, mis võrdsete koguste korral võivad süsinikdioksiidiga võrreldes olla palju ohtlikumad. Et erinevate kasvuhoonegaaside potentsiaal globaalse soojenemise esilekutsumisel erineb paljukordselt, on nende mõju globaalsele soojenemisele otstarbekas väljendada süsinikdioksiidi (CO_2) ekvivalendina (Tabel 5.1). Biokütuste olelustsüklis tekkivatest gaasilistest emissioonidest on globaalse soojenemise aspektist olulised eelkõige CO_2, N_2O ja CH_4.

Tabel 5.1. Peamiste kasvuhoonegaaside potentsiaal globaalse soojenemise esilekutsumisel võrreldes süsinikdioksiidiga

Süsinikdioksiid (CO_2)	1
Metaan (CH_4)	23
Dilämmastikoksiid (N_2O)	310
HFC-23	12000
HFC-125	3400
HFC-134a	1300
HFC-143a	4300
HFC-152a	120
HFC-227ca	3500
HFC-236fa	9400
Perfluorometaan (CF_4)	5700
Perfluoroetaan (C_2F_6)	11900
Väävelheksafluoriid (CF_6)	22200

Et biokütuseid toodetakse biomassist, arvestatakse nende süsinikdioksiidi bilanss põletamisel neutraalseks. Põletamisel vabaneb sama kogus CO_2-e, mis seoti fotosünteesiprotsessis atmosfäärist taimede kasvamise käigus. Seega on CO_2-e tsükkel suletud. Põhiosa sisepõlemismootorite heitgaasidest moodustavad lämmastik, süsinikdioksiid ja vesi, mis ei ole toksilised. Samas emiteeritakse ka selliseid gaase, mis on inimese tervisele otseselt ohtlikud. Näitena võib tuua nii fossiilsete kui biokütuste põletamisega kaasnevad emissioonid nagu tahked mikroosakesed, lenduvad orgaanilise ühendid (näit hüdrokarbonaadid), lämmastik-oksiidid (NOx), süsinikmonooksiid (CO) ja teised toksilised emissioonid. Toksiliste ühendite sisaldus heitgaasides on EL-i normatiivide- ja standarditega reguleeritud, need kehtivad võrdselt nii bio- kui fossiilsetele kütustele.

Lisaks tekkivatele kasvuhoonegaasidele kütuse põletamisel (mida biokütuste olelustsüklite kasvuhoonegaaside bilansis ei arvestata, sest tegu on taastuva toormega) tekib kasvuhoonegaase ka biokütuste olelustsükli erinevatel etappidel. Näiteks tekivad kasvuhoonegaasid põllukultuuride kultiveerimisel, transpordil, kütuse tööstuslikul tootmisel ja kütuse laialiveol. Suurimaks peetakse just emissioone olelustsükli esimestes põllumajandusega seotud staadiumides. Samas tuleks mainida, et ka fossiilsete kütuste olelustsükkel ei ole emissioonivaba.

Sobivaks lähenemisviisiks kasvuhoonegaaside keskkonnamõju kindlakstegemiseks on nn „kaevust rattani" (*well-to-wheel)* analüüs, mis jaotub kaheks komponendiks:

1) „kaevust tanklani" (*well-to-tank*) analüüsiks, hõlmates energiakultuuri põllumajandusliku kasvatamise ning kütuse tootmise, ja

2) „tanklast rattani" (*tank-to-wheel*), sisaldades biokütuse põlemist.

Et biokütuste tootmiseks kasutatavad energeetilised sisendid on valdavalt fossiilset päritolu, sõltub biokütuste tegelik mõju kliimamuutustele nende tootmiseks kasutatava fossiilse energia bilansist. Samas ei oleks õige piirduda biokütuste kliimamuutustele avaldatava mõju analüüsil

vaid fossiilse kütuse bilansiga, tuleks arvestada ka teisi olelustsükli jooksul tekkivaid emissioone ja keskkonnamõjusid. Näitena võib tuua mineraalväetiste, pestitsiidide, taimekaitsevahendite, niisutussüsteemide ja pinnase erosiooni mõju keskkonnaseisundile, sh globaalsele soojenemisele. Suurim mõju kliimale eelpoolnimetatud biokütuste tootmise kaasnähtustest on väetistel, mille tootmiseks kulub märkimisväärselt fossiilset energiat, kuid ka pestitsiidide tootmisprotsessis kasutatakse ulatuslikult looduslikku gaasi.

Kõige enam sõltub biomassi tootmise mõju kliimale kasutatava põllukultuuri tüübist. Just konkreetne põllukultuur determineerib kasutatavad agrotehnilised võtted, nagu põllumajandusliku tootmise energiamahukus pinnaühiku kohta, kasutatavate väetiste nomenklatuuri ja koguse, aga ka mõju pinnasele ja huumuse kvaliteedile. Samuti on äärmiselt oluline, milliseid kõlvikuid bioenergiakultuurid asendavad. Kui energiakultuuri kasvatatakse näiteks loodusliku rohumaa või metsa asemel, siis summaarne kasvuhoonegaaside emissioon pigem suureneb. Kasvuhoonegaaside emissioonid vähenevad, kui energiakultuure viljeleda kuivadel või väheviljakatel, muudeks kõlvikuteks sobimatutel muldadel. Samuti annab positiivse efekti üheaastaste põllukultuuride asendamine mitmeaastaste energiakultuuridega. (Mõnedel juhtudel võib spetsialiseeritud bioenergiatootmise otstarbeliste kõlvikute viljelemine olla kasvuhoonegaaside bilanssi arvestades isegi eelistatav, võrreldes energia tootmisega põllumajanduslikest või puidutootmise jäätmetest.) Kindlasti sõltub põllumajanduslikult toodetava biokütuste tooraine kasvuhoonegaaside kogubilanss ka tootmisel tekkivate kõrvalproduktide liigist ja kasutusviisist. Praeguste tehnoloogiate juures peetakse kasvuhoonegaaside bilanssi arvesse võttes kõige otstarbekamaks kõrvalproduktide kasutamist täiendava taastuva energia tootmiseks soojuse ja elektri koostootmisjaamades.

Kokkuvõtvalt võib väita, et biokütuste mõju kliimamuutustele määravad ära emissioonid kogu olelustsükli jooksul, alates põllukultuuride kultiveerimisest kütuse põletamiseni. Erinevates uurimustes varieeruvad vastavad tulemused ulatuslikult. Kogu elutsükli kasvuhoonegaaside emissioon sõltub elutsükli piiride määratlemisest, võtmeparameetrite defineerimisest ja suhteliste väärtuste omistamisest erinevatele teguritele. Vaatamata olelustsükli praktilise analüüsi komplitseeritusele näitavad praktiliselt kõik uuemate uuringute tulemused, et kasvuhoonegaaside emissioonid esimese põlvkonna bioetanooli ja biodiisli tootmisel on võrreldes vastavate fossiilsete kütustega tunduvalt vähenenud, erinedes aga tuntavalt kütuseliigiti.

5.2.3. Bioenergiatoodete keskkonnamõju

Bioenergiatoodete olelustsüklite analüüsil ei võeta arvese mitte ainult energiat ja emissioone, vaid ka teisi olelustsükli eri etappidega seotud võimalikke keskkonnamõjusid. Peamisteks identifitseeritud keskkonnamõjudeks on:

- keskkonna hapendumine;
- eutrofeerumine;
- atmosfääri läbipaistvuse halvenemine (nn *photo smog*);
- osoonikihi hõrenemine (tingitud N_2O emissioonist lämmastikväetiste kasutamisel);
- mitmesugused terviseriskid;
- biodiversiteedi taseme vähenemine;
- pinnavee kvaliteedi langus.

Enamik loetletud keskkonnamõjudest tekivad biokütuse tooraine põllumajandusliku tootmise käigus. Kuid keskkonnamõjud kaasnevad ka biomassi transpordiga, biokütuse tootmise-, laialiveo- ja põletamisega mootoris. Kõike seda tuleb olelustsükli analüüsil arvestada.

Negatiivsete keskkonnamõjude suurus sõltub erinevatest parameetritest kogu olelustsükli jooksul. Kõige suurem mõju keskkonnale on praeguste uuringute kohaselt põllumajanduslikul

tootmisel. Juhul, kui biokütuse tooraine tootmiseks kasutatavad agrotehnilised võtted vastavad mahepõllunduse printsiipidele, võib ka summaarne keskkonnamõju olla väidetavalt positiivne. Näiteks takistavad ja ennetavad mõned mitmeaastased energiakultuurid pinnase erosiooni, segakultuuride kasvatamine võib mõjuda positiivselt bioloogilisele mitmekesisusele jne.

Energiakultuuride suure hulga ja kasutatavate tehnoloogiate mitmekesisuse tõttu ei saa bioenergatoodete olelustsüklite keskkonnamõju kohta teha kaugeleulatuvaid üldistusi ega järeldusi. Keskkonnamõju sõltub suuresti nii konkreetsest energiakultuurist kui ka sellest, millist kõlvikut see asendab ja kindlasti ka agrotehnilistest võtetest Seetõttu tulem iga konkreetse olelustsükli puhul käsitleda keskkonnamõjusid eraldi. Praktikas üldistatakse ja grupeeritakse keskkonnamõjud analüüsiks ja hinnangu andmiseks järgmiselt:

- õhu kvaliteet;
- vee kvaliteet;
- maakasutus ja bioloogiline mitmekesisus;
- inimese tervis.

5.2.4. Bioenergiatoodete ökonoomika

Bioenergiatoodete kogu olelustsükli keskseks majanduslikuks probleemiks on lõpptoodangu kõrge omahind, mis on siiani olnud peamiseks takistuseks biokütuste laialdasel tööstuslikul tootmisel ja kasutuselevõtul. Tänu mõningatele tehnoloogilistele edusammudele viimastel aastatel on biokütuste tootmise omahind küll veidi vähenenud, kuid jäänud fossiilkütustega konkureerimiseks endiselt liiga kõrgeks.

Biokütuste konkurentsivõime tõuseb võrdeliselt fossiilkütuste hinnatõusuga. Eriti kriitilise tähtsusega on siin toornafta hind maailmaturul. Praegu sõltub biokütuste konkurentsivõime aga väga tugevasti riikide seadusandlustest, maksupoliitikast (näit. aktsiisivabastused) ning Euroopa Liidu poolt makstavatest subsiidiumidest. Viimaseid suunatakse nii põllumajandussektorisse (mis on EL-i poolt väga tugevalt subsideeritud) kui ka biokütuse turu ergutamiseks ja seega kogu kütuseturu ümberkujundamiseks. Samuti püütakse biokütuseid atraktiivseks muuta maksusoodustuste abil lõpptarbijale.

Esimese generatsiooni biokütuste olelustsüklite puhul on põhiliseks kulukomponendiks tooraine põllumajanduslik tootmine. Et põllumajandussaaduste (sh biokütuse põllumajandusliku) tooraine hinnad on väga volatiilsed, varieeruvad biokütuste hinnad suures ulatuses. Samuti sõltub hind tootmise mahtudest, eriti tuntav on see bioetanooli puhul, väiksem on tootmismahu mõju rapsist toodetava biodiisli omahinnale. Näiteks Saksamaal toodetakse suur osa biodiislist väiketootjate poolt suhteliselt mõõdukate tootmiskuludega.

Üldiselt peetakse bioenergiatoodete sotsiaalmajanduslikku mõju ja eriti selle regionaalset aspekti märkimisväärseks. Biokütuse tooted avavad põllumajandustoodangule uusi turusektoreid, lisades nii teenimisvõimalusi kohalikele farmeritele. Ennustatakse, et tulevikus võrdsustub põllumajandussektori tähtsus toiduainete tootmisel tähtsusega energiakandjate tootmisel. Bioenergiakultuuride tootmine aitab kaasa ka kogu põllumajanduse muutumisele multifunktsionaalsemaks. Samas on raskem praktiliselt hinnata näiteks bioenergiakultuuride kasvatamisest töökohtade lisandumist põllumajanduses. Sellised uurimused EL-s praegu veel puuduvad.

Teise generatsiooni biokütuseid ei ole veel tööstuslikult toodetud. Kõrgete tootmishindade tõttu ei ole teise generatsiooni biokütused veel konkurentsivõimelised, aga tehnoloogia täiustudes ennustatakse neile suurt tulevikku. Teise põlvkonna biokütuste suureks eeliseks

peetakse nende tootmiseks kasutatava tooraine laia sortimenti ja tooraine (milleks võib olla näit. tselluloos) tootmisele tehtavate kulutuste vähenemist.

Kuigi holistilisest vaatepunktist on biokütustel fossiilsete ees tuntavad eelised, peetakse otseste hinnavõrdluste tegemist keeruliseks. Fossiilkütuste tootmise ja tarbimisega kaasnevad negatiivsed välismõjud (*externalities)* on (analoogiliselt näiteks riigikaitseliste kulutuste mõjudega) halvasti kvantifitseeritavad ja rahalise ekvivalendina väljendatavad. Siiski on biokütustel potentsiaal tekitada ka positiivseid välismõjusid, nagu kasvuhoonegaaside vähenemine, puhtam õhk ja töökohtade loomine. Lisaks vähendab bioenergiatoodete kasutamine naftaimporti, mõjudes seeläbi positiivselt väliskaubandusbilansile. Biokütuste poolehoidjate arvates on biokütuste tähtsus ja ka kasulikkus palju suurem, kui nähtub otseselt kulude-tulud analüüsi tulemustest. Kuid esineb ka seisukohti, et olelustsükli vältel keskkonnale tekitatav kahju kaalub üles biokütuste rolli kasvuhoonegaaside emissioonide vähendamisel. Et biokütuste turg on praegu tugevate moonutustega (subsiidiumid olelustsükli eri etappidel), siis ei saa praegu rääkida ka biokütuste turust kui majanduslike indikaatorite (nagu turuhind, nõudlus, pakkumine jms.) allikast.

5.3. Biomassi- ja konventsionaalsete toodete olelustsüklite võrdlev analüüs

Olelustsüklite võrdleval analüüsil tuleb arvestada, et eri autorite poolt eri aegadel ja kohtades teostatud ühtede ja samade toodete olelustsüklite analüüside tulemused võivad erineda. Arvestades olelustsüklite keerukust, mis seisneb eri valdkonda kuuluvate etappide rohkuses, tuleb seda pidada paratamatuseks. Seetõttu tuleb eri uurimuste andmete võrdlemisel suhtuda lõppjärelduste tegemisse teatud ettevaatlikkusega ning arvestada, et suhteliselt usaldusväärsemad ja täpsemad on võrdlused ühe ja sama uurimuse raames.

5.3.1. Bio- ja fossiilse diisli olelustsüklite võrdlus

Vaadeldav biodiisli olelustsüklit käsitlev võrdlev empiiriline uurimus viidi läbi Ameerika Ühendriikides linnaliinibusside baasil. Biodiisliks nimetatakse fossiilse diiselkütuse asendajat, mis põhineb bioloogilisel toorainel, nagu bioõlid ja –rasvad. Biodiislit saab toota põhimõtteliselt erinevatest bioloogilisel toorainel toodetud õlidest, töödeldes neid metanooli- või etanoologa. Praktikas on biodiisli tootmisel enamlevinud metanooli kasutav tootmisprotsess. Biodiislit kasutatakse lõpptarbija poolt nii puhta biodiislina (100% biodiislit, tuntud kui B100) kui ka erinevate segudena fossiilse (naftast valmistatud) diisliga. Käesolev olelustsüklite analüüs käsitleb segu B20, mis koosneb 20% ulatuses biodiislist ja 80% fossiilsest diiselkütusest. Kui USA-s on biodiisli tootmisel põhiliseks tooraineks sojauba, siis Euroopas kasutatakse toorainena rohkem rapsiseemet.

Kütuste olelustsüklite praktilist hindamist peetakse sageli esineva andmete ebapiisavuse tõttu komplitseerituks. Olelustsüklite skeemide vaatlemisel (näit. joonised 5.3, 5.4, 5.7) saab selgeks selle põhjused. Hõlmab ju elutsükkel toodangu etappe põllumajandusest kuni kütuse põletamiseni automootoris, kusjuures kõikidel etappidel on hädavajalik teha empiirilisi täppisuuringuid. Põhilised andmed (füüsikalis-keemilised karakteristikud, energiamahukus, CO_2-e emissioon) transpordis kasutatavate kütuste (sh biodiisli) kohta on esitatud tabelis (vt Tabel 5.2).

Tabel 5.2. Fossiilsete transpordis kasutatavate kütuste ja biodiisli füüsikalis-keemilised, energiamahukuse ning emissiooni karakeristikud

	Ligikaudne keemiline valem	Keskmine molekul-mass	Ligikaudne C:H vahekord	Enrgia-sisaldus MJ/L	Enrgia-sisaldus MJ/m3	CO_2 emissioon g/MJ
Looduslik gaas vedeldatult	~ $CH_{3.85}$	18.2	1:3.85	25.0	38.2	51.3
Vedelgaas	~ $C_3H_{7.8}$	49	1:2.6	25.7		60.2
Bensiin	~ $C_{5.4}H_{10.7}$	80	1:2	35.2		65.8
Diiselkütus	~ $C_{15.2}H_{22.2}$	212	1:1.9	38.6		65.8
Metanool	~ CH_3OH	32.04	1:4	15.8		60.8
Etanool	~ CH_3CH_2OH	46.07	1:3	23.4		64.3
Biodiisel	~ $C_{13}H_{29}O$	201	1:2.29	33.3		85.0

Käesolevas töös refereeritavas olelustsüklite analüüsis võrreldakse kolme energiatoote olelustsüklit:

1) 100 protsendiline biodiisel, B100;
2) segu 80 protsendist fossiilsest diislist ja 20 protsendist biodiislist, B20;
3) 100 protsendiline fossiilne diisel.

Nende toodete olelustsüklite analüüsil vaadeldi järgmisi näitajaid kogu olelustsükli jooksul:

- olelustsüklite koguenergiavajadus (tabelid 5.3 kuni 5.6);
- süsinikdioksiidi (CO_2) emissioon (tabel 5.7);
- teised gaasilised emissioonid: süsinikmonooksiid (CO), alla 10 mikroni suurused lenduvad osakesed (PM10), metaani mittesisaldavad hüdrokarbonaadid (NMHC), lämmastikoksiidid (NOx), metaan (CH4), formaldehüüd, benseen, kõik hüdrokarbonaadid (THC) ja kõik lenduvad osakesed (TPM) (joonis 5.5);
- veeemissioonid (joonis 5.6).

5.3.1.1. Olelustsüklite energiavajadus ja energiabilanss

Töös analüüsiti olelustsüklite järgmisi energiasisendeid.

- *Kogu primaarenergia*. Kogu primaarenergia sisendi hindamisel võeti arvesse kõikide keskkonnast eraldatud ressursside kumulatiivset energiat.
- *Tooraine energia (feedstock energy).* Selle energialiigi all mõistetakse biodiisli tooraineks olevates põllumajandusproduktides (näiteks sojaoas) sisalduvat energiat.
- *Protsessi energia.* Energia, mida kasutatakse bioloogilise päritoluga toorainest biokütuse (antud näites biodiisli) tootmisel. Tavaliselt on protsessi energiaks looduslik gaas, kivisüsi, uraan (tuumaelekter) või hüdroenergia.
- *Fossiilne energia.* Biodiisli tootmiseks vajaminev energia, mis on fossiilset päritolu (looduslik gaas, nafta, kivisüsi). Eraldi on fossiilne energia välja toodud seepärast, et vastandada seda olelustsükli lõpp-produktile, milleks on taastuva energia kandja. Kõik kolm ülaltoodud energialiiki on kategoriseeritavad kas fossiilseks või taastuvaks energiaks.
- *Tooteenergia.* Energia, mis sisaldub olelustsükli lõpptoodangus.

Olelustsükli *energeetilist efektiivsust* defineeritakse kui tooteenergia ja kogu primaarenergia suhet. *Fossiilse energia suhe* on tooteenergia ja sisendiks kulutatud fossiilse energia suhe.

Energiavooge käsitlevad andmed analüüsitud olelustsüklite kohta on esitatud tabelites (vt Tabel 5.3, Tabel 5.4, Tabel 5.5 ja Tabel 5.6).

Tabelis (vt Tabel 5.3) on andmed fossiilse diisli olelustsükli primaarenergia vajaduse kohta. Andmetest nähtub, et 1 MJ energiasisaldusega fossiilse diisli valmistamiseks kulutati 1.2007 MJ primaarenergiat. Seega on vastava olelustsükli energeetiliseks efektiivsuseks 83,28%.

Tabel 5.3. Tavadiisli olelustsükli primaarenergia vajadus USA näitel

Etapp	Primaarenergia (MJ-i MJ kütuse kohta)	%
Kodumaise toorõli (nafta) tootmine	0,5731	47,73%
Välismaise toorõli (nafta) tootmine	0,5400	44,97%
Kodumaise toorõli (nafta) transport	0,0033	0,28%
Välismaise toorõli (nafta) transport	0,0131	1,09%
Toorõli rafineerimine	0,0650	5,41%
Diiselkütuse transport	0,0063	0,52%
Kokku	1,2007	100,00%

Fossiilse diiselkütuse olelustsükli fossiilse energia vajadus on esitatud tabelis (vt Tabel 5.4). Naftast toodetud diisli 1 MJ-se energiasisaldusega lõpp-produkti tootmiseks kulub 1,995 MJ fossiilset energiat, mis annab fossiilse energia suhteks 0,8337. Tuleb tõdeda, et peaaegu kogu fossiilse diisli tootmiseks vajalik energia on pärit fossiilsetest allikatest.

Tabel 5.4. Tavadiisli olelustsükli fossiilenergia vajadus USA näitel

Etapp	Fossiilenergia vajadus (MJ-i MJ kütuse kohta)	%
Kodumaise toorõli (nafta) tootmine	0.572809	47.75
Välismaise toorõli (nafta) tootmine	0.539784	45.00
Kodumaise toorõli (nafta) transport	0.003235	0.27
Välismaise toorõli (nafta) transport	0.013021	1.09
Toorõli rafineerimine	0.064499	5.38
Diiselkütuse transport	0.006174	0.51
Kokku	1.199522	100.00

Tabelis (vt Tabel 5.5) on esitatud andmed biodiisli olelustsükli energiavajaduse kohta. Ühe MJ energiasisaldusega biodiisli koguse tootmiseks kulub 1,2414 MJ primaarenergiat, mis annab vastava olelustsükli energeetiliseks efektiivsuseks 80,55%. Biodiisli energeetilises efektiivsuses võrreldes fossiilse diisliga ei ole suuri erinevusi (vastavalt 83,28% ja 80,55%).

Tabel 5.5. Biodiisli olelustsükli primaarenergia vajadus USA näitel

Etapp	Primaarenergia (MJ-i MJ kütuse kohta)	%
Sojaoa põllumajanduslik tootmine	0,0660	5,32%
Sojaoa transport	0,0034	0,27%
Sojaoa purustamine	0,0803	6,47%
Sojaõli transport	0,0072	0,58%
Sojaõli töötlemine	1,0801	87,01%
Biodiisli transport	0,0044	0,35%
Kokku	1,2414	100,00%

Biodiisli fossiilenergia vajadus on toodud tabelis (vt Tabel 5.6). Et biodiisli tooraine on liigitatav taastuva energia hulka (sojaõli), siis on biodiisli fossiilenergiavajadus fossiilse diisliga võrreldes tunduvalt väiksem. 1 MJ energiasisaldusega biodiisli tootmiseks kulub 0,3111 MJ fossiilset energiat, mis teeb fossiilse energia suhteks 3,215.

Tabel 5.6. Biodiisli olelustsükli fossiilenergia vajadus USA näitel

Etapp	**Fossiilenergia vajadus (MJ-i MJ kütuse kohta)**	**%**
Sojaoa põllumajanduslik tootmine	0,0656	21,08%
Sojaoa transport	0,0034	1,09%
Sojaoa purustamine	0,0796	25,61%
Sojaõli transport	0,0072	2,31%
Sojaõli töötlemine	0,1508	48,49%
Biodiisli transport	0,0044	1,41%
Kokku	0,3110	100,00%

5.3.1.2. Olelustsüklite süsinikdioksiidi (CO_2) emissioonid

Tabel 5.7 võtab kokku fossiilse diisli ja biodiisli nii kogu olelustsüklite jooksul emiteeritav kui ka olelustsükli lõpp-produkti põletamisel tekkiv süsinikdioksiid (CO_2). Põhiliselt tekib CO_2 nii fossiilse diisli kui ka biodiisli puhul nende põletamisel mootoris. Fossiilse diisli puhul moodustab see 86,54% kogu olelustsükli jooksul toimunud emissioonist. Ülejäänud emissioonist tekib suurem osa rafineerimisprotsessi käigus.

Biodiisli olelustsükli CO_2-e koguemissioonist langeb mootoris põletamisele 84,43%. Ülejäänu jaguneb tooraine põllumajandusliku tootmise, töötlemise ja rafineerimise vahel. Mootoris põletamisel emiteerib biodiisel fossiilse diisliga võrreldes 4,7% rohkem süsinikdioksiidi.

Tabel 5.7. Sõiduki heitgaaside osakaal kogu süsinikdioksiidi olelustsüklis tava- ja biodiisli korral

Kütus	CO_2-e kogu olelus-tsükkel	Biomassi CO_2-e olelus-tsükkel	CO_2-e kogu olelus-tsükkel	Fossiilkütuse heitgaaside CO_2	Biokütuse heitgaaside CO_2	Kogu CO_2-e % heitgaasides
Tavadiisel	633.28	0.00	633.28	0.00	548.02	86.54%
B 100	136.45	543.34	679.78	543.34	573.96	84.43%

5.3.1.3. Olelustsüklite õhuemissioonid (va CO_2)

Joonis 5.5 esitab kokkuvõtvalt biodiislite B100 ja B20 ning fossiilse diisli õhuemissioonid. Joonisel kasutatud lühendid on defineeritud alljärgnevalt.

THC=(CH_4+benseen+HCspetsifitseerimata hüdrokarbonaadid),

kus THC= kõik hüdrokarbonaadid,

CH_4= metaan,

HC= spetsifitseerimata hüdrokarbonaadid.

Lenduvad osakesed TPM sisaldavad endas nii 10-st mikronist väiksemaid kui spetsifitseerimata osakesi.

Fossiilse diisli asendamine biodiisliga vähendab enamikke olelustsükli jooksul toimuvaid õhuemissioone. Suurim paremus on biodiislil süsinikmonooksiidi (CO) osas. Võrreldes fossiilse diisliga on puhta biodiisli (B100) vastav emissioon 34,5% võrra väiksem. Ka lenduvate osakeste (TPM) puhul on biodiisel B100 32,41% väiksema emissiooniga.

Hüdrokarbonaate (THC) seevastu emiteeriti biodiisli B100 olelustsükli jooksul 35% rohkem, ja seda vaatamata 37% vähem tekkivale THC emissioonile biodiisli B100 mootoris põletamisel. Negatiivsele koguefektile vaatamata on biodiisel põletamisel tekkiva väiksema hüdrokarbonaatide emissiooni tõttu eelistatav kasutamiseks tiheasustusaladel.

Metaani (CH_4) emissioonid on B100 olelustsüklis võrreldes fossiilse diisliga 2,57% väiksemad.

Lämmastikoksiidide (NOx), mille emissioone peetakse tervisele eriti ohtlikuks, puhul on biodiisli näitajad võrreldes fossiilse diisliga halvemad. B100 olelustsükli NOx emissioon

ületab fossiilse diisli olelustsükli emissiooni 13,35%. See on seletatav lämmastikväetiste kasutamisega biodiisli olelustsükli põllumajandusliku tootmise etapil.

Vääveloksiidide (SOx) emissioon seevastu on biodiislite olelustsüklitel fossiilse diisliga võrreldes madalam, biodiisel B100 puhul 8,03% fossiilse diisliga võrreldes.

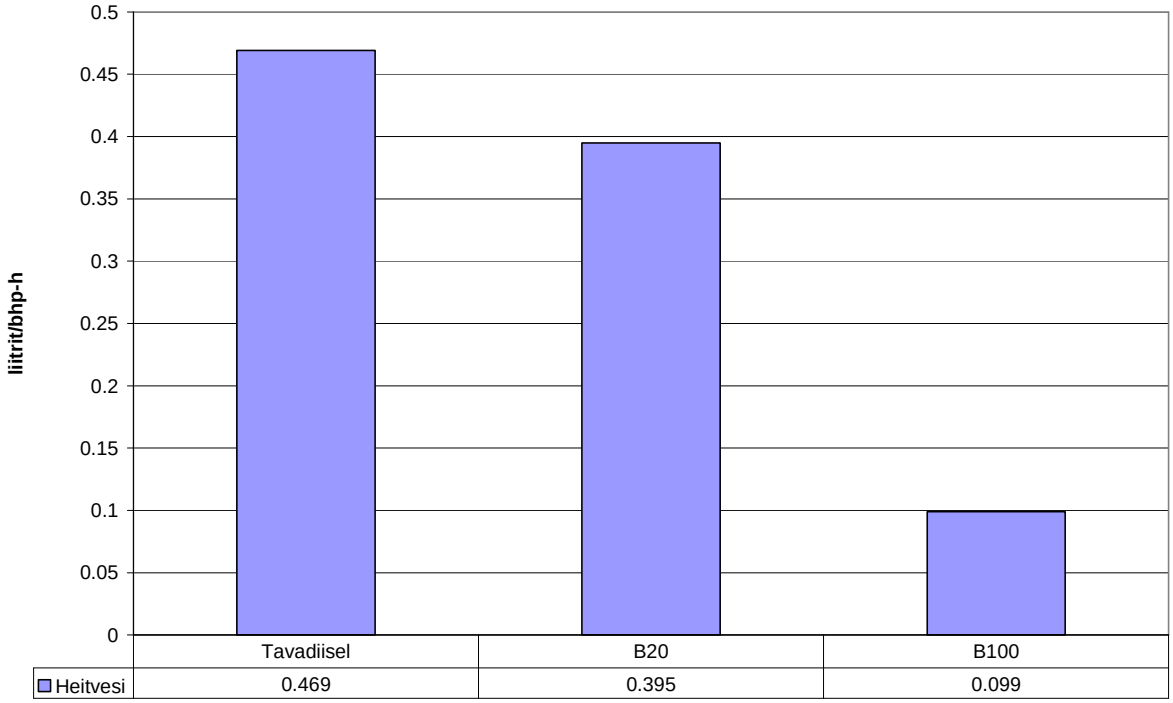
Biodiisli paremus ilmneb ka vesinikfluoriidi (HF) puhul, olles B100-l 15,5% väiksem fossiilse diisliga võrreldes. Soolhappe (HCl) emissioon seevastu on fossiilsel diislil 13,54% väiksem B100-ga võrreldes.

	CO	TPM	HF	Sox	CH4	Nox	HCl	THC
B20	-6.90%	-6.48%	-3.10%	-1.61%	-0.51%	2.67%	2.71%	7.19%
B100	-34.50%	-32.41%	-15.51%	-8.03%	-2.57%	13.35%	13.54%	35.96%

Joonis 5.5. Biodiislite B20 ja B100 olelustsükli õhuemissioonid võrrelduna diiselkütuse olelustsükli õhuemissioonidega

5.3.1.4. Olelustsüklite vee-emissioonid

Biodiisli ja fossiildiisli kogu olelustsükli jooksul tekkiva heitveekoguse võrdlus on toodud joonisel (vt Joonis 5.6). Vee emissioonide hulka on arvestatud kogu olelustsüklite jooksul tekkinud heitvesi. Fossiilse diisli olelustsükli veeemissioonist kaasneb 78% nafta ammutamisega ja vaid 12% tekib rafineerimisprotsessis. 2/3 heitvee koguhulgast tekib biodiisli puhul aga sojaõli konversioonil. Olelustsüklite jooksul tekkinud heitveekoguseid võrreldes võib aga järeldada, et fossiilse diisli olelustsükli veetarve ületab biodiisli oma ligi viiekordselt.



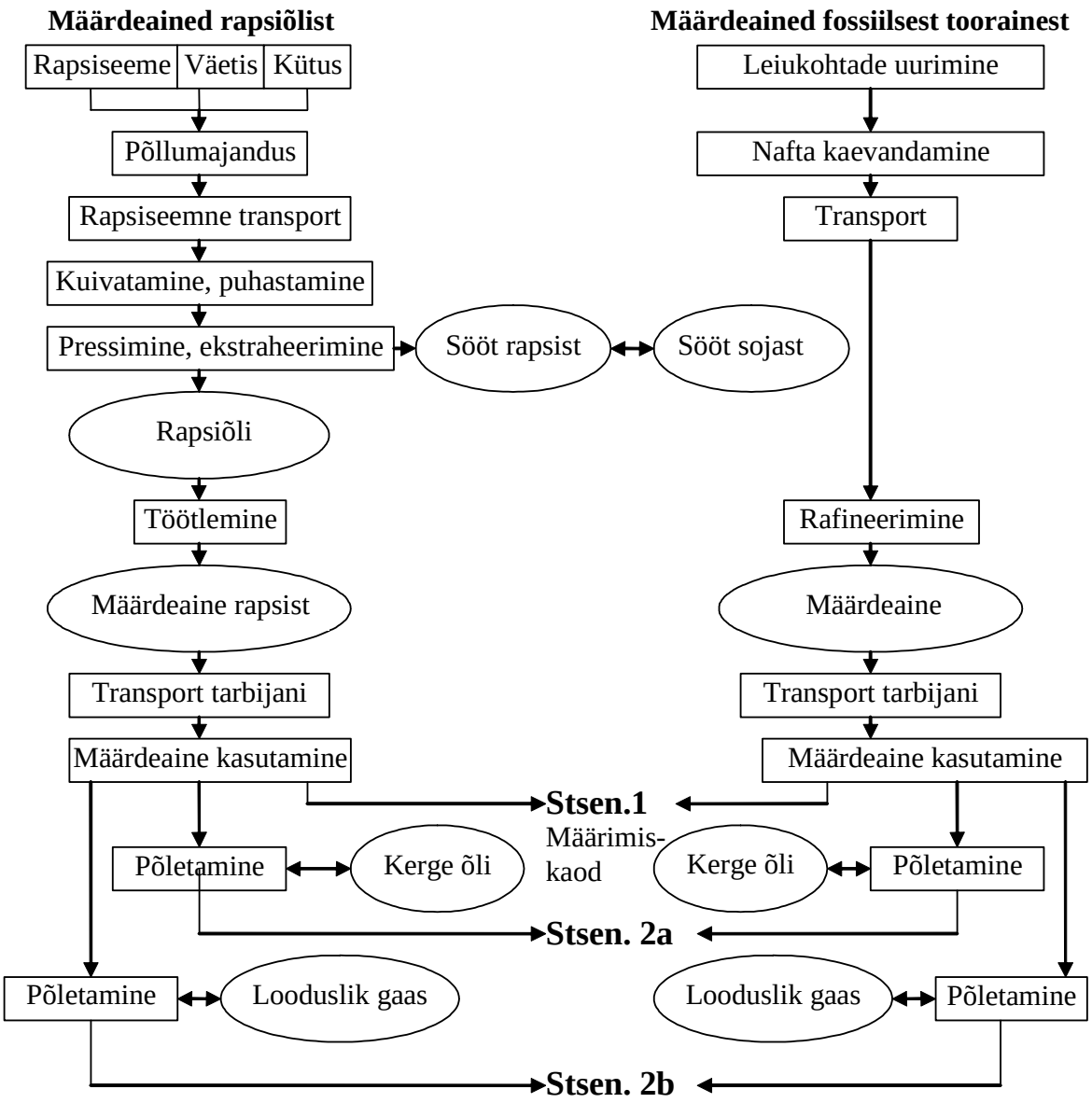
Joonis 5.6. Biodiisli ja fossiildiisli kogu olelustsükli jooksul tekkiva heitveekoguse võrdlus

5.3.2. Rapsiõlist toodetud ja konventsionaalsete määrdeainete olelustsüklite võrdlus

Konventsionaalsetel määrdeainetel on võrreldes biomassist toodetutega keskkonnkaitselisest aspektist mitmeid puudusi. Eriti ilmneb see juhtudel, kui lekked toimuvad töötamise käigus välitingimustes (näit. kettsaed) või satuvad kohe keskkonda, nagu pahatihti põllumajandusmasinate puhul. Bioloogilise päritoluga määrdeainete puhul eeldatakse keskkonnasõbralikkust nii nende biodegradeeruvate omaduste kui ka fossiilset päritolu tooraine säästmise tõttu. Kuid ka bioloogilist päritolu määrdeainetega võib kaasneda negatiivne mõju keskkonnale, mis tekib näiteks nende tooraine põllumajanduslikul tootmisel. Fossiilsete ja bioloogiliste määrdeainete tugevaid ja nõrku külgi ning nende mõju keskkonnale võimaldab hinnata vaid vastavate olelustsüklite võrdlev analüüs.

Järgnevalt on võrreldud fossiilsel toorainel põhinevaid määrdeaineid bioloogilist päritolu määrdeainetega, juhindudes Euroopa Liidu standardis ISO 14040-43 kirjeldatud metoodikast. Olelustsükleid koos tootmisprotsessi vaheproduktidega on kujutatud joonisel (vt Joonis 5.7). Esimese stsenaariumi kohaselt (joonisel Stsen. 1) kasutati kogu määrdeaine ära määrimisprotsessi käigus. Teises stsenaariumis (joonisel Stsen. 2a ja 2b) kasutati määrdeainete jääke soojuse tootmiseks, põletades neid kergõli (Stsen. 2a) ja loodusliku gaasi (Stsen. 2b) abil.

Eksperimendi põhitulemused on esitatud tabelis (vt Tabel 5.8). Toodud andmed vastavad 1 tonni bioloogilise päritoluga määrdeaine põletamisele. Negatiivse väärtusega andmed näitavad konventsionaalsete määrdeainetega võrreldes paremaid tulemusi (väiksemat koormust keskkonnale) ja positiivse väärtusega andmed halvemaid tulemusi (suurem koormus keskkonnale.



Joonis 5.7. Määrdeainete olelustsüklite analüüs erinevate utiliseerimisstsenaariumidega

Tabel 5.8. 1 tonni biopäritolu määrdeaine olelustsüklite jooksul toimunud emissioonide võrdlus fossiilset päritolu määrdeainetega

	Ühik	Stsenaarium 1: määrimiskaod	Stsenaarium 2: põletamine	
			2a: kergõli	2b: looduslik gaas
Energiavajadus	GJ	-48,10	-37,93	-38,36
CO_2 ekvivalent	t	-2,09	-1,33	-1,54
SO_2 ekvivalent	kg	9,25	8,94	8,46
PO_4 ekvivalent	kg	1,96	1,98	1,98
N_2O	kg	4,22	4,23	4,23
CO	kg	-0,12	-0,04	-0,01
NMHC	kg	-0,90	-0,76	-0,88
Tahked osakesed (diisel)	kg	-0,11	-0,10	-0,11
Tolm	kg	0,30	0,32	0,30
Formaldehüüd	g	-7,54	-6,72	1,96
Benseen	g	-12,04	-11,32	-11,14
Bensopüreen	mg	-0,41	-0,33	-0,61
Nitropüreen	mg	-1,73	-1,68	-1,73
TCDD ekvivalent	ng	12,16	38,74	51,44

Tabel 5.8 andmetest nähtub, et olelustsükli energiamahukuselt on rapsiõlil põhinevatel määrdeainetel tuntav eelis ja fossiilse energia kokkuhoid ilmne. Esimese stsenaariumi puhul, kus määrdeaine kulus ära määrimisprotsessi jooksul, on võit kõige suurem. Vähe mõjus lõpptulemusele see, kas määrdeainejääkide põletamiseks kasutati kergõli (Stsen. 2a) või looduslikku gaasi (Stsen. 2b). Sama tendents ilmneb ka kasvuhoonegaaside emissiooni puhul. Samas on keskkonna happelisust ja veekogude eutrofeerumist tekitavad ning osoonikihti hävitavad emissioonid (vastavalt SO_2, PO_4, N_2O) rapsiõlil põhinevate määrdeainete olelustsüklite puhul suuremad fossiilsel toorainel põhinevate määrdeainetega võrreldes. Stsenaariumidevaheline erinevus on selles emissiooniderühmas väike, sest vaadeldavad emissioonid tekivad põllumajandusliku tootmise käigus.

Ülaltoodust võib järeldada, et bioloogilisel toorainel põhinevatel määrdeainetel on konventsionaalsetega võrreldes nii plusse kui miinuseid. Erinevate emissioonide tähtsuse ja osakaalu omavaheline võrdlemine ei oleks korrektne, sest see eeldaks neile väärtuse omistamist, mis jääks aga paratamatult subjektiivseks. Lõpphinnangu andmist peavad aga eksperimendi autorid siiski võimalikuks, kasutades nn analüüsitud parameetrite ökoloogilist olulisust. Autorite arvates on bioloogilist päritolu määrdeainete tootmise ja kasutusega kaasnev fossiilsete kütuste kokkuhoid ja kasvuhoonegaaside emissioonide vähenemine ökosüsteemi kvaliteedile suurema tähtsusega võrreldes nende emissioonidega, millede puhul biomäärdeained olid halvemuses. Selline seisukoht tähendab elutsüklite võrdlevas kokkuvõttes bioloogilist päritolu määrdeainete paremuse tunnistamist fossiilsetega võrreldes.

5.4. Biokütused ei ole nii rohelised kui paistab. Euroopa Liidu Keskkonnakomisjoni arvamus

5.4.1. Biokütuste keskkonnamõju

Seoses EL-i Direktiivi 92/81/EEC uue versiooniga, mis käsitleb soodustuste tegemist biokütuseid sisaldavatele fossiilsetele kütustele ja puhastele biokütustele, on Euroopa Keskkonnabüroo *(European Environmental Bureau,* edaspidi EEB) esitanud oma arvamuse biokütuste keskkonnamõjude kohta. Esitatud arvamus lähtub biokütuste olelustsüklist, olles seega kompleksne ning seda võib pidada seni avaldatud seisukohtadest biokütuste mõju kohta keskkonnale üheks kõige autoriteetsemaks.

Esiteks juhib EEB tähelepanu asjaolule, et biokütused ei ole nende olelustsüklist lähtuvalt ühtselt käsitletavad, vaid vajavad individualiseeritud lähenemist. EEB seisukoha järgi eelistab Komisjon kütuseid, mida toodetakse üheaastastest intensiivselt kultiveeritavatest põllukultuuridest, nagu raps, suhkrupeet ja nisu. Samas on biokütuste tootmiseks ka alternatiivseid allikaid, nagu näiteks põllumajanduses ja puidutööstuse tekkivad orgaanilised jäätmed. Komisjon küll tunnistab jäätmeid kui võimalikku biokütuste toormaterjali, kuid ei pea seda põllukultuuridega võrreldes oluliseks. EEB juhib tähelepanu, et Komisjon peaks pöörama senisest enam tähelepanu innovatsioonile ja uute tehnoloogiate juurutamisele, mis võimaldaksid näiteks toota tselluloosist kuluefektiivselt metanooli. Samuti juhitakse tähelepanu vastuolule seisukohtade vahel, mille kohaselt ei peeta eriti võimalikuks seni söötis maade kasutuselevõttu biokütuste tootmiseks, nähes samal ajal ette üle viieprotsendilise biokütuste osakaalu saavutamise 2010. aastaks põhiliselt just põllumajanduse ekstensiivistamise kaudu.

Komisjoni hindab, et biokütuste 8 protsendiline osakaal kütuseturust on saavutatav bioenergia kultuuride kasvatamisega 10%-l EL-i põllumajanduslikus kasutuses oleval maal (vastab ligikaudu 14 miljonile hektarile). Hinnang sisaldab ka vastavalt EL-i Ühtsele Põllumajanduspoliitikale praegu põllumajanduslikust kasutusest välja jäetud maid. EBB arvates ei ole sellise maa-ala kasutuselevõtt biokütusekultuuride kasvatamiseks õigustatud, sest seda maad saaks kasutada tunduvalt otstarbekamalt ja efektiivsemalt, nagu näiteks söödakasvatus või isegi kütteks kasutatavate biomassikultuuride viljelemine.

Biokütuste kasutuselevõtu kasvu määraks transpordisektoris on direktiivi kohaselt 2% aastas (ja seda kütuse põletamise efektiivsust tõstmata) 8 protsendini perioodi lõpuks transpordimahtude kasvu tingimustes. Kui energiatootmiseks kasutatavad biomessikultuurid on enamasti mitmeaastase, siis transpordikütuseid toodetakse üheaastastest kultuuridest (raps, suhkrupeet). Ökoloogilisest seisukohast peetaks mitmeaastaseid kultuure paljudele putukatele, lindudele ja loomadele vastuvõetavamaks, pakkudes suuremat ökoloogilist stabiilsust ja varjevõimalusi ka näiteks väljaspool vegetatsiooniperioodi. Biomassi tootmise kasuks räägib ka olelustsükli analüüsil ilmnev asjaolu, et pärast koristust ei läbi põletatav biomass erinevalt näit biodiislist mahukat tehnoloogilist protsessi, millel on hulgaliselt kõrvalmõjusid. Seega on süsinikdioksiidi emissiooni võimaliku vähenemise kõrval biokütuste tooraine konventsionaalsete põllumajanduskultuuridena kasvatamisel kõrvalmõjusid, mis võivad muuta selle keskkonnakvaliteedi seisukohalt ebasoovitavaks.

Euroopa Komisjoni kommünikees alternatiivsete transpordikütuste kohta rõhutatakse, et alternatiivsed kütused peavad tagama ennekõike CO_2 emissiooni olulise vähenemise. Vastavalt erinevate bio- ja konventsionaalsete kütuste olelustsüklite analüüsile Biokütused üldjuhul küll võimaldavad väikest CO_2-e emissiooni vähenemist, kuid mitte mingil juhul ei saa seda pidada oluliseks, sest ka biokütuste tootmiseks kasutatakse olulisel määral fossiilseid kütuseid. Kõige laiemalt levinud biokütuse rapsi-metüül-estri (RME) tootmine näiteks eeldab

1 ühiku fossiilse kütuse kasutamist 2 – 3 biokütuse ühiku tootmiseks. Võrreldes biokütuse tootmisega puidutööstuse jäätmetest, kus kulub väidetavalt vaid 1 ühik fossiilset kütust 17 ühiku biokütuse toomiseks, on rapsiseemne kasutamine toorainena väga ebeefektiivne.

Hinnangud biokütuste kasutuselevõtuga seotud kasvuhoonegaaside emissioonide vähenemisest varieeruvad suures ulatuses. CO_2 emissiooni vähenemine RME tootmisel jääb erinevate uuringute kohaselt vahemikku 25 – 80%. See tähendab, et CO_2-e emissioon väheneb 25 – 80% võrreldes fossiilse diiselkütuse analoogilise kasutamisega. Arvestades uuringute sellist tulemust on Komisjoni väljapakutud 70% vähenemist liiga optimistlik hinnang. CO_2-e kõrval on biokütuste olelustsüklis emiteeruvatest kasvuhoonegaasidest olulisuselt teisel kohal N_2O, mis tekib lämmastikväetise kasutamisest olelustsükli esimestel etappidel. Globaalse soojenemise faktori seisukohast hinnatakse N_2O-d 310 korda CO_2-st ohtlikumaks. Suurim on N_2O emissioon biokütuse tootmisel rapsiseemnest, sest rapsi kasvatamisel kasutatakse rohkelt lämmastikväetist. Näiteks rapsi-metüül-estri tootmisel moodustavad N_2O emissiooni kahjud 15 – 20% CO_2-st saadava kasu ekvivalendile. Isegi kui kogu olelustsükli analüüsil jääb järgi mõningane netokasu olelustsükli jooksul emiteeritud kasvuhoonegaaside koguhulka arvestades, ei näi Komisjoni optimism olevat millegagi põhjendatud. CO_2-e emissiooni vähendamine toob kaasa vähendatavale ühikule tehtavate kulutuste kasvu ja sellega kaasnevad keskkonnakahjustused ei ole õigustatud.

5.4.2. Süsinikdioksiidi emissiooni vähendamise maksumus

Süsinikdioksiidi (CO_2) emissiooni vähendamisele hinnangu andmisel tuleb kõigepealt analüüsida ühe tonni CO_2-e vähendamiseks tehtavaid kulutusi. RME olelustsükli alusel tehtud vastavad hinnangud varieeruvad vahemikud 37 – 235 EUR tonni CO_2-e kohta. Kulud CO_2-e tonni vähendamiseks teiste kütuste, nagu bioetanool, olelustsüklite puhul on veelgi suuremad. Komisjon kasutab hinnangulise maksumusena 100 – 150 EUR tonni kohta, mis jääb uurimustes leitud vahemikku. Siiski tuleb märkida, et transpordisektoris võib leida biokütuste kasutamisele mitmeid alternatiivseid võimalusi, nagu ühistranspordi arendamine ja sõidukite tehniline täiustamine, mis on vähendatud CO_2-e ühiku hinnalt samaväärsed või odavamad, kuid palju suurema potentsiaaliga. Puhtmajanduslikust seisukohast on mitmetes teistes sektorites CO_2-e emissioonide vähendamine transpordiga võrreldes kuluefektiivsem. Näiteks võib elamute soojustamine anda küttekulude vähenemise tõttu isegi tulude-kulude analüüsil positiivse tulemi.

Lisaks eelnevale tuleb arvestada ka riigi sissetulekute vähenemist. Raha, mida tarbijad (maksumaksjad) kulutavad saavutamaks CO_2-e emissioonide vähenemist, tuleks kasutada suurima lõppefektiga meetmete finantseerimiseks. Senised biokütuste olelustsüklite uuringud on tõestanud, et biokütuste kasutamisega saavutatav CO_2-e emissioonide vähendamine on liiga kallis. Sama kehtib ka biokütuste propageerimiseks tehtavate riiklike maksusoodustuste kohta. See ei olekski sedavõrd oluline, kui biokütused oleksid tõepoolest võrreldes fossiilsete kütusega oluliselt keskkonnasõbralikumad. Paraku tuleb tõdeda, et CO_2-e emissioonide vähendamise meetmena on biokütuste kasutamine üks kõige vähem kuluefektiivseid alternatiive. Tegevusega kaasnev rahaline kadu väljendub eelkõige selles, et riigil jääb kuluka CO_2-e emissiooni vähendamise kõrval lõppkokkuvõttes vähem vahendeid teiste keskkonna-probleemide lahendamiseks. Ülaltoodut arvestades võib väita, et kasvuhoonegaaside vähendamiseks tehtavad kulutused on nii saavutatavat efekti arvestades kui projektide kasumlikkust silmas pidades majanduslikult raskesti põhjendatavad.

5.4.3. Biokütuste ökoloogiline mõju

Lisaks ebarahuldavale kuluefektiivsusele ja saavutatava tulemuse küsitavale ulatusele on biokütuste tootmisega seotud ka mitmesugused keskkonnariskid. Komisjon soodustab

biokütuse tooraineks olevate kultuuride kasvatamist vastavalt Ühtsele Põllumajandus-poliitikale sööti jäetud maadel. Arvestades asjaolu, et nn biokütusekultuurid kuuluvad laialt levinud ja konventsionaalselt kasutatavate põllukultuuride hulka, tähendab see sisuliselt intensiivselt haritava maa pindala kasvu. Kasutusest välja jäetus maadel on energiakultuuride kasvatamisel võrreldes mitte-kasutamisega oluliselt suurem mõju nii pinnasele, pinnaveele kui põhjaveele. Põllumajanduslikust kasutusest välja jäetus maal on oluline roll intensiivse põllumajanduse tulemusel ohtu sattunud bioloogilise mitmekesisuse taastamisel (eriti mullaselgrootute osas), mis kaob maade kasutuselevõtuga energiakultuuride intensiivseks viljelemiseks.

Väetistega mitmesuguste ühendite kujul mulda viidavad toitained, nagu lämmastik ja fosfor, ning intensiivpõllunduses taimekaitseks kasutatavad pestitsiidid, satuvad lõpuks pinnasesse, pinnavette ja põhjavette, põhjustades ökosüsteemi eutrofitseerumise ja toksifitseerumise, vähendades nii ökosüsteemi kvaliteeti ja mõjudes negatiivselt biodiversiteedi tasemele. Näiteks tapavad pestitsiidid pinnases elevaid selgrootuid, mõjutades nii neist toituvaid mitmeid olulisi, kuid haruldaseks muutunud linnuliike, nagu näiteks põldpüüd, talvikesed ja lõokesed. Seega võib väita, et väetiste ja pestitsiidide kasutamine biokütuste tootmisel koos suurte monokultuursete alade tekkega tingib mulla kvaliteedi languse ökosüsteemina, kutsub esile pinnase (eelkõige huumuskihi) erosiooni, mõjub negatiivselt pinna- ja põhjavee kvaliteedile ning bioloogilisele mitmekesisusele. Kõik see ei ole kooskõlas Euroopa Liidu üldise põllumajanduspoliitilise suundumusega keskkonnasõbralikule põllumajandusele. EL on ratifitseerinud Bioloogilise Mitmekesisuse Konventsiooni ja Agenda 21-e, mis sätestavad järkjärgulise ülemineku vähem kemiseeritud ja madalama intensiivsusega põllumajandusele.

See suund on EL-i poolt selgelt väljendatud ka EL-i Ühtse Põllumajanduspoliitika keskkonnaosas (COM (2000) 20). Antud dokument sätestab ökoloogiliste indikaatorite kasutuselevõtu põllumajanduses. Kuigi indikaatorid ise on veel kohati ebapiisavalt defineeritud ja nende rakendamiseks vajalike andmete kogumise süsteem välja arendamata, deklareerib EL selle dokumendiga selget suundumust keskkonnasõbralikuma põllumajanduse poole. Biokütuste tooraineks olevate põllukultuuride ulatuslik viljelemine on Euroopa Keskkonnbüroo arvates teravas kontrastis eeltoodud dokumentides sätestatud suundumustega keskkonnasõbralikuma põllumajanduse poole.

5.4.4. Kasvuhoonegaaside vähendamine transpordisektoris

Kui tööstuses on kasvuhoonegaaside (eelkõige CO_2) emissiooni kasvule suudetud panna piir ning saastekogused on kohati isegi vähenenud, siis transpordisektoris jätkub vastavate emissioonide suurenemine. Seda võib pidada transpordipoliitika läbikukkumiseks, mis ei ole suutnud samaaegselt ajakohaste transporditeenuste võrgustiku garanteerimisega arvestada ökoloogiliste aspektide ja vajadustega. Kütuse suhtelised hinnad ei ole 1970-ndatest aastatest märkimisväärselt kasvanud. See on loonud väära ettekujutuste transpordisektori piirideta kasvu võimalustest, arvestamata atmosfääri koormustaluvuse järk-järgulise ammendumisega.

Euroopa Liit on teinud vähe, mõjutamaks kasvuhoonegaaside emissioone transpordis. EBB arvates oleks märgatavalt efektiivsem, kui Komisjon tegeleks biokütuste kasutamise toetamise asemel transpordi mahtude vähendamisega ja logistika parandamisega. Näiteks soovitab EEB reiside kogudistantsi 30-ks aastaks külmutada, vähendades samaaegselt sektori energia-mahukust 50% võrreldes aastaga 2000.

Tegelikule keskkonnaprobleemide lahendamisele aitaksid EBB arvates rohkem kaasa suuremad sektorisisesed strukturaalsed muutused, nagu ühistranspordi toetamine ja arendamine, maanteetranspordi asendamine vee- ja raudteetranspordiga ning inimeste stimuleerimine eraautode igapäevasest kasutamisest loobumiseks. Teiseks võimaluseks

transpordist tulenevate CO_2-e emissioonide vähendamiseks oleks kütuste ja mootorite efektiivsuse tõstmine. Vastavad tehnoloogiad on turul juba olemas ja isegi Komisjoni poolt tunnistatud, kuid takistuseks nende laiemale levikule on sageli auto- ja kütusetööstuse vastuseis. Kuni senisest palju efektiivsemate sõidukite masstootmise ja vastava infrastruktuuriga seotud küsimused on lahendamata, on Komisjon valinud CO_2-e emissioonide vähendamiseks palju kallima ja vähem efektiivse viisi - biokütused.

5.5. Kasutatud allikad

1. Biofuels not as green as they sound. Courtesy of European Environmental Bureau. 2002.
2. Calais, P., Sims, R. A Comparison of Life-Cycle Emissions of Liquid Biofuels and Liquid and Gaseous Fossil Fuels in the Transport Sector.
3. Delucchi, M.A., 2006. Lifecycle Analyses of Biofuels. Draft Report. Institute of Transportation Studies University of California.
4. Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S., Tiffany, D., 2006. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels – PNAS, vol. 103, no. 30,pp. 11206-11210.
5. Life Cycle Analysis of Biofuels Shows Mixed Results
6. Rutz, D. Janssen, R., 2007 BioFuel Technology Handbook. WIP Renewable Energies, München.
7. Sheehan, J., Camobreco, V., Duffield, J., Graboski, M., Shapouri, H., 1998. Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus. Final Report. Prepared for: U.S. Department of Energy's Office of Fuels Development and U.S. Department of Agriculture's Office of Energy
8. Standard EVS-EN ISO 14044:2006 Environmental management- Life cycle assessment- Requirements and guidelines, 2006
9. Standard EVS-EN ISO 14040:2006 Environmental management- Life cycle assessment- Requirements and guidelines, 2006

6. EESTI OSALEMINE EUROOPA LIIDU TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE RAAMPROGRAMMIDES – VÕIMALUSED JA VALIKUD ENERGIASEKTORILE

6.1. Eesti osalemine EL teadus- ja arendustegevuse 6. ja 7. raamprogrammis

Järgnev on kokkuvõtlik ülevaade Eesti haridus- ja teadusasutuste ning ettevõtete osalemisest Euroopa Liidu teadus-ja arendustegevuse 6. raamprogrammis ning sissejuhatus 2006. aasta lõpus avatud 7. raamprogrammi.

6. raamprogramm oli avatud aastatel 2002 – 2006. Kõik energia valdkonda puudutavad teemad koondati ühise nimetaja – säästlikud energiasüsteemid – alla. Strateegiliseks eesmärgiks oli kasvuhoonegaaside ja muude kahjulike emissioonide vähendamine, energiaga varustatuse kindlustamine, taastuvate energiaallikate üha laiem kasutamine ning Euroopa tööstuse konkurentsivõime tõstmine. Valdkonna võimalikud tegevused jagunesid 7 teema vahel:

- Puhas energia, eriti taastuvad energiaallikad ja nende integreerimine energia-süsteemidesse, sh energia salvestamine, jaotamine ja kasutamine
- Energiasääst ja energiatõhusus, sh tulemused, mis on saavutatavad taastuvate toorainete kasutamisel
- Alternatiivsed mootorikütused
- Kütuseelemendid ja nende kasutamine
- Uued tehnoloogiad energiakandjate, eriti vesiniku, transportimiseks ja salvestamiseks
- Taastuvate energiatehnoloogiate uued ja eesrindlikud lahendused
- CO_2 heitkoguste vähendamine, mis on seotud puhtamate tehnoloogiatega fossiilseid kütuseid kasutavates energiatootjates

Projektitaotluse koostajatel oli võimalik valida järgmiste projektitüüpide vahe:

1. tippkeskuste võrgustik (programmi dokumentides Network of Excellence, ametlik lühend – NoE)
2. integreeritud projekt (Integrated Project - IP)
3. sihtotstarbeline teadusprojekt (Specific Targeted Research Action – STREP)
4. toetavad tegevused (Specific Support Action – SSA)
5. koordineeriv tegevus (Coordination Action – CA)
6. väikese ja keskmise suurusega ettevõtetele suunatud projekt (Co-operative Research – CRAFT)
7. kollektiivseks uurimistegevuseks mõeldud projekt (Collective Research – CLR)
8. tegevused teaduse infrastruktuuri edendamiseks (Integrated Infrastructure Initiative – I3)

Erinevaid projektitüüpe eristab suurus (nii lubatud partnerite arv kui eelarve ülem- ja alampiir), lubatud tegevused, ajaline kestus (1 kuni 5 aastat) jmt.

Näiteks tippkeskuste võrgustikku iseloomustab järgnev:

- Kooskõlastatud teadus- ja tehnoloogiaalane arendustegevus (T&TA)
- Teadlaste mobiilsus
- Infrastruktuuri ühiskasutus
- Tihe koostöö ühisplatvormide väljatöötamisel
- Tipptaseme / kompetentsi alaste tegevuste arendamine

- Teadlaste koolitus

Integreeritud projektide, mida nimetatakse ka suuremahulisteks teadusprojektideks, eripäraks on järgnev:

- selgesti määratletud eesmärgiga ambitsioonikad suurprojektid teaduslike ja tehnoloogiaalaste teadmiste kaudu uute toodete, protsesside või teenuste loomiseks
- integreerivad T&A tegevuse tsükli erinevaid osi (rakendusuuringud, koolitus, tehnoloogia kasutuselevõtt jmt)
- Kolme kuni viie aastase kestusega, rohke partneritega, mitme kuni kümne mln EURi suuruse eelarve ja komplitseeritud juhtimisega projekt.

Sihtotstarbeline teadusprojekt on samuti teadusprojekt, kuid märksa väiksemamahulisem:

- Erinevalt IPst on fokuseeritud kitsamatele tegevustele
- Pakub võimalusi väikese ja keskmise suurusega ettevõtetele
- Finantseerimise maht kuni paar miljonit EURi
- Projektikuludest kaetakse kuni 50%, demoprojekti puhul kuni 35%

Toetavad tegevused on:

- Suunatud teadus- ja arendustegevuse toetamisele
- Konverentsid, seminarid, uurimused, ümarlauad, teadlaste vahetus, ekspertgrupid, teadmiste levitamine
- Finantseeritakse kuni 100% projekti kuludest
- Osalemiseks piisab ühest organisatsioonist, kui tööprogramm ei sätesta teisiti.

Koordineeriva tegevuse puhul on lubatud järgnev:

- Töötoad, konverentsid, töised kohtumised
- Infosüsteemide rajamine
- Parimate kogemuste vahetus
- Spetsialistide vahetus
- Finantseeritakse kuni 100% projekti kuludest.

Kuna tegemist on rahvusvahelist koostööd toetava programmiga, siis reeglina on üheks projektitaotluse edukuse kriteeriumiks rahvusvahelise konsortsiumi olemasolu, kus peavad olema vähemalt 3 liikmes- ja/või assotsieerunud riigi teadusasutused või ettevõtted. Iga projektikonkursi puhul on täpselt sõnastatud ka osalemise tingimused, sh partnerite hulk ja vajalik erinevate riikide esindatus.

Energia valdkonna sisulise ettevalmistamise koordineerimine, projektikonkursside ja hindamisprotseduuri läbiviimine ning hiljem rahastust leidnud projektide seire, aruannete läbivaatamine ja tegevuse ning tehtud kulutuste otstarbekuse ja rahastamislepingule vastavuse kontroll jaguneb kahe direktoraadi – DG RTD (teaduse peadirektoraat) ja DG TREN (energia- ja transpordi peadirektoraat) vahel.

Teaduse peadirektoraat korraldas kokku 8 projektikonkurssi, kuhu laekunud 605 taotlust hinnati 6 hindamis-sessiooni käigus, mille tulemusena sõlmiti 125 rahastuslepingut, sealhulgas 33 IPd, 5 NoEd, 58 STREPi, 15 CAd ja 14 SSAd – seega on edukuse protsent 20,66.

Kui esitatud taotluste 7687 partnerist 5374 olid EU-15 hulka kuuluvatest riikidest ja 754 EU-10 maadest, siis rahastatud projektide 2000 partneri hulgas olid vastavad näitajad 1512 ja 163. Seega, kui taotlejate hulgas oli uusi liikmesriike ligi 10%, siis rahastatud projektide partneritest moodustasid nad vaid 8,1%. Veel kurvem on pilt, kui vaadata raha jagunemist – 86% läks vanadele ja vaid 3,6% uutele liikmesriikidele. Assotsieerunud riikide osaks jäi 8,5% ja kolmandatele riikidele 1,7%. Kokku küsiti 2340 ja jagati laiali 450 milj. €.

Tabel 6.1. Euroopa Liidu uute ja vanade liikmesriikide esindatus DG RTD projektides

	partnereid esitatud taotlustes	partnereid rahastatud taotlustes	eelarve jagunemine
EU15	5374	1512	86%
EU10	754	163	3,6%
partnereid kokku, sh muu maailm	7687	2000	

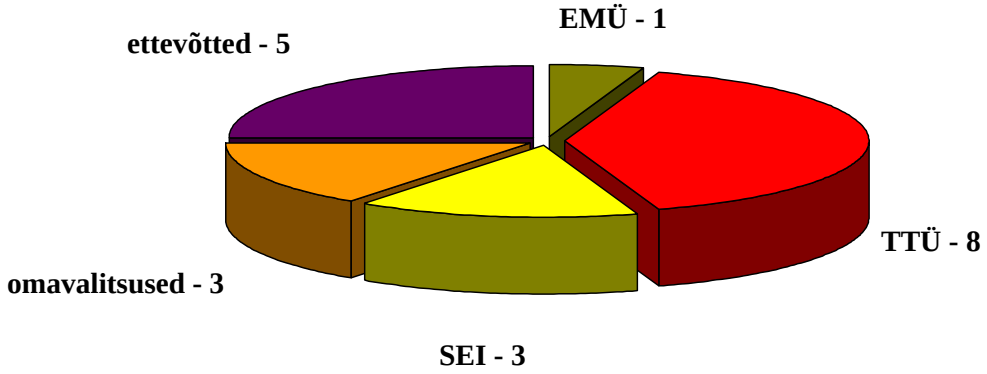
Vanade liikmesriikide edurivi juhib konkurentsitult Saksamaa, kellele järgnevad enam-vähem võrdse tulemusega Prantsusmaa, Holland ja Ühendkuningriigid. Uute liikmesriikide hulgas osutus saadud rahasumma osas kõige edukamaks Poola (7,6 milj €), **Eesti** ja Leedu jagasid 8.-9. kohta. Kui aga vaadata edukuse %, siis juhib Küpros 28%ga, **Eesti** on 26 protsendiga 2. kohal, Malta 25% 3. ja Sloveenia 22% 4. kohal. Poola leiame 14% viiendalt kohalt.

DG TREN viiele projektikonkursile laekus kokku 627 taotlust, millest nelja hindamis-sessiooni tulemusena jõudsid lepinguni 132 (edukus 21%), sealhulgas 36 IPd, 49 STREPi, 8 CAd ja 39 SSAd. Kui esitatud taotluste 6436 partneri hulgast olid 841 (13%) uutest liikmesriikidest, siis rahastatud projektide 1538 partneri seas oli vastav näitaja 148 (9,6%). Kokku küsiti 2218 milj €, Euroopa Komisjoni poolne tegelik rahastus on aga vaid 413 milj €, millest 89% läks vanadele ja 5% uutele liikmesriikidele, 5% assotsieerunud ja 1% kolmandatele riikidele. Ka siin juhib edurivi Saksamaa (75,3 milj €), järgnevad Holland (47,4 milj €), Itaalia (39 milj €), Ühendkuningriigid (37,9 milj €) ja Hispaania (35,5 milj €). EU-10 hulgas on kõige edukam Poola (5,2 milj €), järgnevad Sloveenia (4,6 milj €), Ungari (3,2 milj €), Tšehhi (2,7 milj €) ja **Eesti**. Kui **Eesti** tõi ära 2,3 miljonit €, siis Leedu vaid 1 miljoni € ja Läti saagiks jäi 0.

Tabel 6.2. Euroopa Liidu uute ja vanade liikmesriikide esindatus DG TREN projektides

	Partnereid esitatud taotlustes	Partnereid rahastatud taotlustes	Eelarve jagunemine
EU15	4845	1229	89%
EU10	841	148	5%
partnereid kokku, sh muu maailm	6436	1538	

Eestist esitati kokku 45 taotlust, kuhu olid kaasatud 54 partnerit. Edukaks osutus 14 projekti 20 partneriga. Eesti partnerid on kaasatud 5 integreeritud projekti, kolme STREPi, kahte koordineerimistegevusse ja nelja SSAsse. Eesti partnerite osa üldises 111,8 milj € eelarves oli ligi 5,5 milj €, kusjuures Euroopa Komisjoni poolt eraldatud 54,4 milj Eurost jõudis Eesti partneriteni kokku 2,76 miljonit ehk 5%. Kõige suurem grant oli 995 126 €, kõige väiksem 15 000 €. Kõige rohkem Eestist pärit partnereid – kokku 5 oli kaasatud projekti VISIT 2008.



Joonis 6.1. Eesti teadus- ja haridusasutuste ning ettevõtete osalemine 6. ja 7. raamprogrammi bioenergiaalastes projektides

Biomassi ja bioenergia alla kvalifitseeruvaid projekte laekus Eestist 15, millest 5 said rahastuse, millest omakorda kolme projekti ülesanded on tänase seisuga täidetud. Edukate projektide hulgas oli 4 SSAd ja üks CA. Projektide kogumaksumus oli 4 577 127 €, millest Euroopa Komisjonilt saadi grandina 3 377 519 €. Eesti partnerite osaks üldises eelarves kujunes 200 038 €, millest Euroopa Komisjonilt saadi grandina 196 389€. SSAde näol on enamasti tegemist andmete kogumise, töötlemise ja võrdlemisega ning info levitamisega.

Seetõttu, et 10 esitatud taotlust jäid erinevatel põhjustel finantseerimata, jäi Eestisse tulemata üle 3,5 milj € grandiraha taastuvenergeetika ning valdkondliku teadus- ja arendustegevuse toetamiseks. Ebaõnnestumise tõttu jäid ära 2 IPs, millest on eriti kahju, sest tegemist on suuremahuliste tõsiste teadusprojektidega, 4 SSAd, 1 CAd ja 3 STREPi.

Edukateks osutunud projektides ütlevad Eesti partnerid oma sõna sekka järgmistel teemadel:

1. Meetmed taastuvate kütuste osa suurendamiseks elektri- ja soojusenergia koostootmiseks uutes liikmesriikides
2. Info levitamine ja teadmiste siire vanadelt liikmesriikidelt uutele biomassi ja fossiilsete kütuste efektiivse koospõletamise uusimate tehnoloogiate kohta
3. Soojussalvestitega koostootmisjaamade kasutamise võimalused tuulejaamade tasakaalustamisel
4. Biomassi ressursi ja selle kasutamismeetodite kaardistamine Euroopas, võrgustiku loomine biomassi koospõletamisega tegelevate teadusasutuste vahel
5. Energiatootmises biomassi kasutamise edulugude ja parimate bioenergia tehnoloogiate tutvustamiseks filmi tegemine ja levitamine

Paraku jäid katmata biogaasi tootmise ja kasutamisega seotud teemad; lahendamata jäi väikeasulate energiaga varustamise küsimus biomassil töötava koostootmisjaama abil; tegemata jäid täiendavad uuringud, mis on vajalikud tahkete biokütuste üle-Euroopaliste standardite kehtestamiseks; läbi jäi viimata teavituskampaania, mida projekti algatajad pidasid vajalikuks taastuvate osakaalu suurendamiseks seatud eesmärkide edukaks saavutamiseks; ellu jäi viimata unistus ühe saare 100% energeetiliselt isemajandavaks muutmisest; tutvustamata jäid väikese ja keskmise võimsusega elektritootmise süsteemid, mis töötaksid biomassil ning aitaksid efektiivsemalt kasutada Balti mere riikide biomassi ressurssi.

Energeetika teema leidis kajastamist ka valdkonnavälisel konkursil – edukaks osutus üks väikese ja keskmise suurusega ettevõtetele suunatud projekt (CRAFT) ja üks kollektiivseks

uurimistegevuseks mõeldud projekt (CLR). CRAFT projekt käsitles heitvee ja jääkmuda kasutamist efektiivseks biomassi tootmiseks kiirekasvuliste energiakultuuride istanduses ning CLR analüüsis heitvee kasutamist energiakultuuride istanduste niisutussüsteemides. Tänu nimetatud projektidele tuli Eestisse täiendavalt 426 526 €.

6.2. Energia valdkonna teemad EL 7. raamprogrammis

7. raamprogramm kuulutati avatuks 2006. aasta lõpus ja esimeste projektikonkursside tähtajad jäid 2007. aasta esimesse poolde. **Energia** teema ehk 5. temaatiline prioriteet on üks osa 7. raamprogrammi koostöö programmist. Sarnaselt 6. raamprogrammile jaotuvad teemad 2 direktoraadi vahel: teoreetilisemad projektid, rahvusvahelises koostöös elluviidavad pikemaajalised teadus- ja arendusprojektid on DG RTD administreerida; praktilisemat väljundit omavad, lühema ajaga elluviidavad, sh uusi tehnoloogilisi lahendusi demonstreerivad koostööprojektid on aga DG TREN haldusalas. Erinevalt eelmistest raamprogrammidest on 7. raamprogrammis paigas küll üldine programmi filosoofia, kuid konkreetsed teemad, mängureeglid, eelarve jagunemine erinevate tegevuste ja erinevate energialiikide vahel jmt – kõik see pannakse paika kord aastas, igaks aastaks sõnastatakse uus tööprogramm, iga järgnev tööprogramm seotakse eelmise konkursi tulemustega, et kõik Euroopale vajalikud teemad saaksid piisava põhjalikkusega kaetud. Samas võimaldab igaaastane teemade ja tegevuste 'inventuur' teatud paindlikkust, kiiremat reageerimist muutustele poliitikas ja majanduses ning operatiivsemat tegutsemist ootamatult esile kerkinud probleemidele lahenduste otsimisel.

5. prioriteedi eesmärgiks on praeguse fossiilkütustel põhineva energiasüsteemi ümberkujundamine säästvamaks, mis põhineks erinevatel energiaallikatel ja –kandjatel, võttes üha rohkem kasutusele uusi ja taastuvaid energiaressursse, koos tõhusama energiakasutusega kogu energiasektoris, et lahendada varustuskindluse ja kliimamuutustega seotud pakilisi ülesandeid, vähendades samas energiatootmise keskkonnamõjusid ja suurendades Euroopa energiatööstuse konkurentsivõimet. Suurtest eesmärkidest hoolimata on energia osa raamprogrammide eelarves aasta-aastalt vähenenud - alustades 1. raamprogrammis peaaegu 50%ga, on see 2007 aasta konkursil napilt üle 7%.

5. prioriteet jaguneb 9 tegevuseks (sulgudes on ära märgitud vastutav direktoraat). Loetelus on välja toodud need teemad, mida allpool lähemalt käsitletakse.

1. Vesinik ja kütuseelemendid (DG TREN ja DG RTD)
2. **Elektri tootmine taastuvatest energiaressurssidest** (DG TREN ja DG RTD)
3. **Kütuste tootmine taastuvressurssidest** (DG TREN ja DG RTD)
4. **Taastuvad energiaallikad kütmiseks ja jahutamiseks** (DG TREN)
5. CO_2 sidumine ja salvestamine saastevabaks energiatootmiseks (DG RTD)
6. Puhtad söepõletustehnoloogiad (DG TREN)
7. Intelligentsed energiavõrgud (DG TREN ja DG RTD)
8. Energiatõhusus ja energiasääst (DG TREN)
9. Energiapoliitiliste otsuste tegemiseks vajalikud teadmised (DG TREN ja DG RTD)

Taastuvaid energiaressursse puudutavate teemad pakuvad järgmisi võimalusi:

6.2.1. Elektri tootmine taastuvatest energiaressurssidest

Taastuvate energiaallikatena nähakse tööprogrammis päikest, biomassi (sh energiakultuurid, puidutööstusjäätmed jmt), tuult, geotermaal- hüdro- ja ookeanienergiat. Erilise tähelepanu all on PV, tuul ja biomass, viimase puhul eelistatavalt elektri- ja soojusenergia koostootmine. Tegevuse eesmärgiks on taastuvresurssidest toodetava energia hinna alandamine (näiteks praeguse biomassi baasil toodetava elektri hinna 0,05 – 0,08 €/kWh alandamine 0,04 €/kWh

aastaks 2020), muundamise kasuteguri suurendamine, protsesside töökindluse tõstmine ja energiatootmise keskkonnamõjude vähendamine, samuti erinevatele piirkondlikele tingimustele sobivate tehnoloogiate arendamine ja tutvustamine. Partnerite hulgas võiksid esindatud olla muuhulgas Ida-Euroopa ja Kesk-Aasia riigid.

Esimesel konkursil leiab DG RTD kaudu rahastamise kuni 14 väikese või keskmise suurusega projekti, kuni 2 suuremahulist projekti ja kuni 5 koordineerivat/toetavat tegevust. DG TREN on planeerinud rahastada kuni 14 koostööprojekti ja maksimaalselt 1 koordineeriva/toetava tegevuse.

6.2.2. Kütuste tootmine taastuvressurssidest

Sõltuvuse vähendamiseks fossiilsetest kütustest on vaja oluliselt suurendada taastuvate kütuste osatähtsust energiabilansis. Planeeritavate projektide raames on võimalik tegelda biomassist vedelate, tahkete ja gaasiliste kütuste tootmise arendamise ja täiustamisega. Huviorbiidis on nn esimese põlvkonna biokütused – biodiisel, bioetanool, energiakultuuride anaeroobsel kääritamisel saadav biometaan, mis on küll juba mõnda aega turul, kuid siiski väga kallid ning ei suuda konkureerida USAs ja Brasiilias toodetuga. Seetõttu oodatakse 7. raamprogrammi projektidelt lahendusi tootmiskulude alandamiseks ning nimetatud kütuste konkurentsivõimelisemaks muutmiseks. Biomassist toodetavate teise põlvkonna kütuste hulgas nimetatakse sünteetilise gaasi, pürolüüsiõli jt põhiseid biokütuseid.

Üldiseks eesmärgiks on kogu tootmis-ja tarneahela optimeerimine ning tootmisel tekkivate jääkide hulga vähendamine. Antud teema on tihedalt seotud toidu, põllumajanduse ja biotehnoloogia teemaga ning ilmselt on järgnevatel aastatel oodata ka nimetatud valdkondade ühiskonkursse.

1. konkursi tulemuste põhjal kavatsetakse finantseerida DG RTD poolt kuni 6 väikese või keskmise suurusega projekti, 1 suuremahuline projekt ja kuni 4 koordineerivat/toetavat tegevust ning DG TREN poolt 5 koostööprojekti ja kuni 2 koordineerivat/toetavat tegevust.

6.2.3. Taastuvad energiaallikad kütmise ja jahutamise jaoks

Eesmärgiks on taastuvatel ressurssidel põhineva kütte ja jahutuse potentsiaali suurendamine erinevates regionaalsetes tingimustes, maasoojuspumpade täiustamine ja efektiivsuse suurendamine. Teadus- ja arendustegevus peaks olema suunatud uute süsteemide ja komponentide väljatöötamisele tööstuslikeks rakendusteks, eriotstarbelise ja kaugkütte ning tsentraalse jahutuse ja energia salvestamise võimaluste täiustamisele.

Järgnevatel aastatel on võimalik muuhulgas tegelda biomassil töötavate katelde töökindluse parandamise ja kasuteguri suurendamisega ning põlemisprotsessi tulemusena õhku paisatavate heitmete koguse vähendamisega, õli ja gaasikatelde kuluefektiivse üleviimisega biomassile, uute biokütuste (näiteks energiakultuuride või segabiomassi pelletiseerimine) tootmise ja kasutamisega olemasolevates biomassil töötavates kütteseadmetes, seadmeid selleks vajalikul määral tehniliselt kohandades.

DG TREN on planeerinud rahastada maksimaalselt 7 koostööprojekti.

Hetkel on olemas vaid DG RTD poolt administreeritavale esimesele konkursile saadetud projektide hindamistulemused, esitamise tähtajaga 3. mai 2007. Statistika võimaldab seekord Eestil tunda end tõeliselt suure ja tugevana – edukuse protsent 75! Selle numbri taha vaadates selgub, et kolmest esitatud taotlusest, milles kokku osales 4 partnerit, on kaks taotlust 3 partneriga saavutanud pingereas piisavalt kõrge koha selleks, et projektid saaksid rahastuse. Üks nimetatud projektidest puudutab taastuvaid ressursse ja kütuste tootmist taastuvressurssidest ning sinna on kaasatud 2 partnerit Eestist.

Tabel 6.3. Eesti osalemine 6. raamprogrammis (rahastatud taotlused)

Jrk. nr.	Konkursi kood	Projekti nimi	Projekti tüüp	Sisu kokkuvõte	Part-ne-rite arv	Eesti partner	Projekti tulemused
1	FP6-2005-TREN-4	Production of a movie to accelerate the uptake of innovative bioenergy technologies for heating and cooling	SSA	Projekti eesmärgiks on filmi tegemine tutvustamaks uusi ja innovatiivseid biomassi kütteks ja jahutamiseks kasutamise tehnoloogiaid erinevates Euroopa Liidu riikides. Uutest liikmesriikidest osalevad projektis Eestis, Tsehhi ja Bulgaaria, vanadest EL riikidest Holland, Austria ja Rootsi. Eestis on välja valitud Paide ja Kolga katlamaja, mis töötavad puidujäätmetel, Leie Põhikool, mis kasutab kütteks puidupelleteid ja Pääsküla prügila-gaasil töötav elektri ja soojuse koostootmisjaam. Filmis võetakse intervjuu Majandus ja Kommunikatsiooni-ministeeriumi Energeetika osakonna esindajaga, et selgitada Eesti taastuvate energiaallikate alast poliitikast, Põllumajandusministeeriumi esindajaga põllu-majandusliku päritoluga bioressursist), Tallinna Tehnikaülikooli Soojusenergeetika instituudi esindajag (metsa- ja puidutööstuse ressursist), jne. Film tuleb eestikeelne ingliskeelsete subtiitritega. Projekti kestus on 2 aastat (2007-2008).	5	Tallinna Tehnikaülikool Inge Roos, inge@staff.ttu.ee	Käimasolev
2	FP6-2003-ACC-SSA-ENERGY	Large-scale integration of RES-E and cogeneration into energy supplies in ACC	SSA	Projekti CEERES eesmärgiks on kaasa haarata EL taastuvenergia uurimisprogrammidesse uued liikmes-riigid, et soodustada nendes riikides taastuvenergia kasutuselevõttu elektri- ja soojusenergia tootmiseks. Projektis osalevad Poola, Tšehhi, Slovakkia, Ungari, Sloveenia, Leedu, Läti ja Eesti. Projekt käivitus 9. mail 2005. aastal Poznanis toimunud nõupidamisega, kus täpsustati töö sisu ja etapid. Kõik osalevad riigid koostasid lühiülevaate oma energiasektori, sh detailsemalt taastuvenergia kasutamise	9	SEI-Tallinn Tiit Kallaste, tiit@seit.ee	Projekti ajal toimusid kõikides konsortsiumis-sekuuluvates riikides rah-vuslikud seminarid ener-giapoliitikate ja energiaturu teemadel. Seminar oli tege-likult kaheosaline. Uudsena prooviti nn e-seminari vor-mi, kus kahes etapis läbi-viidud arutelu toimus inter-

				arengust 1990-2004 ja prognoosidest 2010-2015 aasta kohta. Peale põhiliste statistiliste näitajate sisaldavad need ülevaated hinnanguid nimetatud riikide energiapoliitika efektiivsusele, kirjeldavad taastuvenergia ulatuslikumat kasutuselevõttu takistavaid probleeme jne. Kogutud informatsioon avaldatakse projekti CEERES veebilehel ja korraldatakse diskussioon ühiste uurimissuundade väljaselgitamiseks. Euroopa Liidu 7. RP käivitumisel on kavas alustada CEERES partnerite konsortsiumiga ühisprojekt taastuvate energiaallikate senisest ulatuslikumaks kasutamiseks EL uutes liikmesriikides.			netipõhiselt. Mõttegruppi valitutele saadeti küsimusi, ankeete ja teemasid, mida kommenteerida. Seminar oli pigem e-seminari tulemuste kokkuvõte. CEERESes planeeritud järkutaotlusosutus samuti edukaks. Täpsem info käesolevas tabelis COFITECK projekti all. Jätkutaotlus valmistati ette täpselt sama meeskonnaga. Hetkel kavandatakse 7-raamprogrammi taotlust. Kõikide rahvuslike seminaride kohta tehti kokkuvõte CEERES projekti lõppkoosolekul
3	FP6-2005-TREN-4	Co-firing -from research to practice: technology and biomass supply know-how promotion in Cntral and Eastern Europe	SSA	Projekti eesmärgiks on tõhusa koospõletamise võimaluste ja olukorra väljaselgitamine uutes liikmesriikides, vanade liikmesriikide kogemuste tutvustamine, levitamine ja rakendamine uutes liikmesriikides. Eeldatakse, et Kesk- ja Ida-Euroopa energiasektori ettevõtetel on ikka veel ebapiisavad teadmised biomassi ja fossiilsete kütuste koospõletamise uusimatest tehnoloogiatest, koospõletamise mõjust jaama tööle ning biomassi turu toimemehhanismidest. Kogutakse infot biomassi ja fossiilsete kütuste (peamiselt söe) koospõletamise kohta ning pannakse tööle erinevad infolevikeskkonnad.	10	SEI-Tallinn Tiit Kallaste, tiit@seit.ee	Käimasolev
4.	FP6-2003-TREN-2	Dissemination Strategy on Electricity Balancing for large	SSA	Elektriliselt tasakaalustatud taastuvenergia laialdase integreerimise strateegia. Teatavasti on kaks taastuvenergia liiki ajaliselt kiiresti ja suurtes piirides	10	Tallinna Tehnikaülikool Heiki Tammoja	Demonstreeriti elektrituuli-kute ja koostootmisjaama-de vahelisi koostöövõima-

		Scale Integration of Renewable Energy		muutuvad - tuuleenergia ja päikeseenergia. Seepärast vajavad mõlemal energial töötavad elektritootjad varuvõimsusi tarbimise katmiseks tuulevaiksel või pimedal ajal. Käesoleval ajal pöörab DESIRE peamist tähelepanu tuule-energeetika kiirele arendamisele. Tuulejaamade tasakaalustamisel nähakse selles projektis põhirollis soojussalvestitega koostootmisjaamu. Projekti juhivad taanlased. Ei ole eriti laialdaselt teada, kuid ikkagi tõsi, et Taani parlament võttis 1989. aastal vastu seaduse, millega viidi sisse elektritootjatele kolmeastmeline tariif, mis nägi ette elektri maksimaalse hinna tipptundidel, väiksema hinna muul suurema koormuse ajal, ja madalaima hinna öötundidel. Tulemuseks oli hulgaliste soojussalvestitega koostootmisjaamade ehitamine, mis tootsid elektrit ainult tipptundidel ja kütsid sellel ajal tarbijaid varem akumuleeritud soojusega. Eesti osaks on selle töö põhimõtete tutvustamine ja tulemuste propageerimine.		heiki.tammoja@ttu.ee	lusi ning koostootmis-jaamade rolli elektrituuli-kute eripärast tingitud kõikumiste tasakaalusta-misel. Katsebaasiks Taani (the Nord Pool Elspot Market - http://www.nordpool.com/) Inglismaa, ja Saksamaa (kahes viimases kasutati erinevaid simulatsioone). 6 regioonis, sh Eestis, mängi-ti läbi erinevad elektri-varustuse mudelid ning arvutati läbi stsenaariumid aastani 2020. Pakuti välja erinevaid tehnoloogiaid tasakaalu saavutamiseks, näiteks soojussalvestitega koostootmisjaamad, nõud-luse paindlik juhtimine, reservuaaridega hüdro-jaamad, elektriautode kasutamine. Lõpuks ana-lüüsiti erinevaid takistusi koostootmisjaamade kasutamisel tuuleparkide tasakaalustajana: elektri-turu ebapiisav areng, tuule-energeetikat ei toetata piisavalt ning investoritel puudub kindlustunne, paljud koostootmisjaamad on seotud kindlate tootmis-protsessidega ning neid ei

							ole võimalik paindlikult rakendada. Kokkuvõte projekti kodulehel http://www.ierp.bham.ac.uk/publications/DesireSummaryOfResearchFindings.pdf
5	FP6-2004-ENERGY-3	Integrated European Network for Biomass Co-firing	CA	Projekti eesmärgiks on parema ülevaate saamine biomassi ressurssidest ja nende kasutamismeetoditest Euroopas, üle-Euroopalise koostöö toetamine biomassi kaaspõletamisega tegelevate teadusasutuste vahel, aidata kaasa innovatiivsete tehnoloogiate juurutamisel ning suurendada biomassi koospõletamise osa nii juba töötavates kui uutes jõujaamades. Erilist tähelepanu pööratakse uutele liikmesriikidele, keda konsortsiumis esindavad Poola, Rumeenia, Eesti, Sloveenia, Ungari, Leedu ja Bulgaaria. Kaasatud on ka Türgi, Valgevene ja Ukraina. Projekti käigus luuakse koordineerimisplatvorm, mis hakkab koordineerima valdkondlikku teadus- ja strateegiate arendamise tegevust, otsima välja nn edulugusid, pakkuma välja elluviimise väärilisi strateegiaid ning arengusuundi tulevikuks. Koospõletamise all mõeldakse eelkõige söe ja biomassi põletamist.	23	Eesti Põllumajandus-ülikool Katrin Heinsoo, katrin@zbi.ee	Kõige olulisemad tulemused: järjepidev on-line andmebaas biomassi koospõletamisest - www.netbiocof.net, käimasoleva koospõleta-misealase teadustöö koordineeritus Euroopas koos soovitustega tulevik-ku, teadustöö grupeeringute formeerimine sõltuvalt uuritavast temaatikast ning osaliste teadmisest, 8 trüki-kõlbulikku teadusartiklit, mis käsitlevad olulisemaid projekti valdkondi ning töögruppide tulemusi, edukas Netbiocof projekti lõppkonverents sihikindla otsusega võrgustiku tugevadamiseks rakendades selleks nii riiklike kui Euroopa Liidu rahastusi
6.	FP6-2003-SME-2	Solutions for the safe application of wastewater and sludge for high efficient biomass production in Short-Rotation-	CLR	Kogu Euroopas on viimasel kümnendil talupidajate olukord pidevalt halvenenud ning traditsioonilised põllumajandustooted on muutunud üha vähem konkurentsivõimelisteks. Situatsioon nõuab alternatiivsete tegevuste ja kasvatatavate kultuuride otsimist. Üheks perspektiivikaks alternatiivseks	25	EESTIMAA TALUPIDA-JATE KESKLIIT, ATTEVALJA OU, EESTI	Käimasolev

		Plantations		kultuuriks on kiirekasvulised puuliigid, kui energiaallikas, toore biokütuste tootmiseks või keemiatööstuse jaoks, kusjuures samas saab niisutamiseks ja väetamiseks ära kasutada ka heitevee ja jääkmuda. Samas võimaldab loodav istandus lahendada heitvee käitlemise probleemi asulates, kus puudub tsentraalne kanalisatsioon. Selliste istanduste rajamine pole huvipakkuv mitte ainult EL15 riikidele, vaid kogu laienenud Euroopale ja assotsieerunud maadele. Projekti kaasatud ettevõtete assotsiatsioonid saavad võimaluse tutvuda istanduste majandusliku, tehnilise ja ökoloogilise poolega erinevates piirkondades ja erinevaid turunõudeid arvestades ning levitada saadud teadmisi oma liikmete hulgas. See peaks suurendama biomassi tootmisega tegelevate ettevõtete hulka Euroopas ja ka väljaspool.		POLLUMAJANDUSULIKOOL - Katrin Heinsoo, katrin@zbi.ee	

7.	FP6-2002-SME-1	Monitoring and Control System for Wastewater irrigated Energy Plantations	CRAFT	Euroopa Komisjoni energiapoliitika üheks prioriteediks on taastuvenergia osakaalu suurendamine praeguselt 6%lt 12%ni aastaks 2010. Biomassi kasutamises nähakse tohutut potentsiaali. Praegu kasutatav biomassi ressurss, mille moodustab metsast saadav puit, taaskasutatav puit ja biogaas, ei suuda pikemas perspektiivis rahuldada Euroopa vajadust elektri ja soojusenergia järele. Seetõttu tuleks käivitada efektiivne ja odav biomassi tootmise süsteem. Heitveega niisutatav ja väetatav kiirekasvuliste kultuuride (paju, pappel) istandus on üks võimalikke lahendusi, mis lubab lisaks lahendada heitvee käitlemise probleemi. Euroopa mastaabis tähendab see enam kui 25 000 väikeasula ja 135 milj elaniku jaoks soodsat ja keskkonnasõbralikku heitvee käitlemist olukorras, kus puudub tsentraalne kanalisatsioon. Projekti eesmärgiks on välja töötada, katsetada ja optimeerida energia-kultuuride istanduste heitveega niisutamise seire- ja juhtimissüsteemi, mis suurendaks istanduste tootlikkust. Väljatöötatav süsteem koosneb kombineeritud seire-juhtimis- ja jaotusseadmest, mis võimaldab doseerida ja jaotada heitvett vastavalt istanduse vajadustele tagamaks optimaalse kasvu ja maksimaalse heitvee läbilaske, hoides samas ära negatiivset mõju ümbritsevale kesk-konnale. Partnerite ülesandeks on süsteemi töökindluse katsetamine paju ja papli erinevate kloonide peal erine-vates piirkondades ja klimaatilistes tingimustes asuvates istanduste. Projekti edukas elluviimine peaks suurenda-ma kiirekasvulistest energiakultuuridest toodetud biomassi konkurentsivõimet võrreldes teiste kütustega.	9	MUNITSIPAAL ASUTUS KARJÄÄR, ESTONIAN AGRICULTURAL UNIVERSITY - Katrin Heinsoo, katrin@zbi.ee	Eesti jaoks oluliseks tulemiks on Põlgaste pajuistanduse ja heitvee-puhasti rajamine. Välja pakutud juhtimisseade sai prototüübis küll valmis ja üritati ka katsetada, aga oodatud tulemused jäid saavutamata.

Tabel 6.4. Eesti osalemine 6. raamprogrammis (rahastamata taotlused)

	Konkursi kood	Projekti nimi	Projekti tüüp	Sisu kokkuvõte	Hinnang	Partne-rite hulk	Eesti partnerid
1	FP6-2004-TREN-3	Biogas Plant Design: a construction catalogue	CA	Projektis tahetakse uurida biogaasijaamade arengutrende, biogaasi tootmise efektiivsemaks muutmise ja keskkonnamõjude vähendamise variante, jälgitakse kogu gaasitootmise ahelat, sh toorainet, kääritusprotsesse, analüüsitakse erinevaid biogaasijaamu, modifitseerimisvõimalusi, logistikat jne. Püütakse soodustada tehnosiiret teadusettevõtetest tööstusesse efektiivsuse ja tasuvuse suurendamiseks ning infrastruktuuri arendamiseks.	Nõrk, halvasti planeeritud ja halvasti kirjutatud taotlus	26	Eesti Maaülikool
2	FP6-2002-ENERGY-1	Developing renewable energy technologies under climate change scenarios	STREP	Projekti käigus kavatseti välja töötada integreeritud hindamisvahend poliitikate mõju hindamiseks tuule- ja laineenergia kasutamisele Euroopas lähtudes kliima-muutustest. Muuhulgas taheti koostada Euroopa tuule- ja laineenergia ressursi atlas ning arvutada läbi stsenaariume aastani 2100, kasutades selleks Markali mudelit.	Summaarselt saadi küll künnise ületamiseks vajalik punktide arv, kuid mõned hinnatavad aspektid jäid allapoole lubatud miinimumi	13	Tartu Ülikool
3	FP6-2004-TREN-3	Co-firing -from research to practice: promotion of knowledge on co-firing in Central and Eastern Europe.	SSA	Projekti eesmärgiks on tõhusa koospõletamise võima-luste ja olukorra väljaselgitamine uutes liikmesriikides, vanade liikmesriikide kogemuste tutvustamine, levita-mine ja rakendamine uutes liikmesriikides. Eeldatakse, et Kesk- ja Ida-Euroopa energiasektori ettevõtetel on ikka veel ebapiisavad teadmised biomassi ja fossiilsete kütuste koospõletamise uusimatest tehnoloogiatest, koospõletamise mõjust jaama tööle ning biomassi turu toimemehhanismidest. Kogutakse infot biomassi ja fossiilsete kütuste (peamiselt söe) koospõletamise kohta ning pannakse tööle erinevad infolevikeskkonnad.	Väga hea teemakäsitlus ja vastavus töö-programmile, kuid projekti finantspool sai mitterahuldava hinde	4	SEI-Tallinn

4	FP6-2002-ENERGY-1	Multi-fuel small-scale biomass CHP for rural areas	STREP	Planeeriti välja töötada paindlik mitmekütuse süsteem väikese võimsusega koostootmisseadme jaoks. Vaatluse all oleks kogu süsteem alates kütuste tootmisest, logistikast, koospõletus-tehnoloogiatest kuni kaugkütte ja tsentraalse jahutuseni välja. Eesmärgiks on laiendada biokütuste kasutamist rakendades rohkem väikese ja keskmise võimsusega koostootmisseadmeid energia tootmiseks väiksemate piirkondade jaoks. Vaadeldakse ka biomassi kombineeritud kasutamist koos muude kohalike energiaallikatega, nagu tootmisjäätmed, reo-veemuda ja muud jäätmetest toodetud kütused pidades silmas erinevate kütuste kättesaadavuse hooajalisust. Suurema paindlikkuse saavutamiseks uuritakse koos-tootmisjaamade kombineerimise võimalust päikese-kollektoritega.	Ebapiisava innovaatilisuse ja ressursiplaneerimises tehtud vigade tõttu jäi rahastuseta	11	Tallinna Tehnikaüli kool
5	FP6-2004-ENERGY-3	Pre-normative research on solid biofuels for improved European standards	STREP	Tahkete biokütuste turu arendamiseks vajab Euroopa standardeid. See puudutab nii põhilisi omadusi kui analüüsimise protseduure. Reegleid on tarvis ka proovide võtmiseks ja kvaliteedi määramiseks. Kuni aastani 2004 toetab oma tegevusega standardite välja-töötamist projekt BioNorm. Välja on töötatud terve rida tehnilisi spetsifikatsioone, milles töökäigus peaksid moodustuma standardid. Paraku pole seni tehtud töö küllaldane, et kõikidest spetsifikatsioonidest saaks arendada standardid ning vaja oleks teha täiendavaid uuringuid. Täpsemalt, vaja oleks täiustada proovide võtmise ja peenestamise metoodikat täiendavalt valitud materjalide jaoks, täiustada olemasolevaid katsemeeto-deid, välja töötada kiired kohapealse proovivõtmise kiir-meetodid ning välja töötada täiustatud kvaliteedimäära-mine, mis on kohandatud tahkete biokütuste jaoks.	Ootelehelt tõusis rahastatavate taotluste hulka. Ainukeseks nõrgaks küljeks oli tegevuste ebapiisav lahtikirjutamine taotluses.	29	Tallinna Tehnikaüli kool

6	FP6-2004-ENERGY-3	Supporting the development of renewable energies in new and associated EU contries NMS – ACC	SSA	Projekti peamine eesmärk on teadlikkuse tõstmine taastuvate energiaallikate kasutamise suurendamise vajalikkusest uutes liikmesriikides ja assotsieerunud riikides ning pakkuda välja tegevused, mis aitaksid kaasa taastuvressursside kasutamiseks seatud eesmärkides saavutamisele. Uutes liikmesriikides on taastuvate osakaal 2-3%, erandiks vaid Läti ja Slovakkia. Projekti käigus peaksid kõik partnerid koostama ülevaate olukorrast riigis ning meetmetest, mida rakendatakse taastuvate osakaalu suurendamiseks aastani 2010 ning analüüsima võimalikke takistusi ja pakkuma lahendusi nende ületamiseks. Lõpuks loodetakse kokku panna kõrgetasemeline rahvusvaheline lobigrupp.	Taotlus esitatud valesse kohta. Ei vasta tööprogrammile	11	Tallinna Tehnikaüli kool
7	FP6-2005-TREN-4	Samsoe – Next generation of DSM and RES systems Sustainable Integration Target: 75% RES in 2010; 100% in 2015	IP	Projekti eesmärgiks on muuta Samsoe saar energeetiliselt 100% isemajandavaks kasutades kohalikke taastuvaid energiaallikaid ning panustades energiasäästu. Saar on seadnud endale eesmärgiks 75% taastuvate osakaaluks aastaks 2010 koos sobivate tehnoloogiate kasutamisega. 2015 aastaks on eesmärk 100% oma energiaressursside kasutamist. Projekti tegevusteks on hoonete energiasäästlik renoveerimine nii era- kui avalikus sektoris (4600 m^2), elektrienergia säästu kampaania, biogaasil töötava koostootmisjaama ehitamine, kus oleks silmas peetud innovaatilisust ja majanduslikku tasuvust, energiateenuseid pakkuva firma asutamine, energiasüsteemi tasakaalustamine ning tarbimise jälgimine ja juhtimine.	Probleemide käsitlus liiga lokaalne ning raskesti üldistatav. Puudub uudsus. Eelarve jaotamine partnerite vahel ebaõiglane	11	Hiiumaa Omavalitsuste Liit

8	FP6-2002-TREN-1	Electricity from biomass in the Baltic Sea Region	SSA	Balti mere riike iseloomustab teiste Euroopa regioonidega võrreldes suurim biomassi ressurss. Samas on see ressurss ilmselt alakasutatud. Kui vaadelda biomassi põletamise võimalust koos teiste kütustega, eriti jäätmetest toodetud kütusega, on see ressurss veelgi suurem. Projekti eesmärgiks on propageerida Balti mere regioonis väikese ja keskmise võimsusega elektritootmise süsteeme, mis töötaksid biomassil ning suurendada 10 aastaga taastuvatest toodetud elektri osa 10 korda. Projekti käigus pakutakse välja erinevad teed nimetatud eesmärgi saavutamiseks, töötatakse välja finantseerimisskeemid, logistika, valitakse sobivad tehnoloogiad ja konkreetsed ressursid. oluline osa on tehnosiirdel ja infolevil.	Puudub innovaatilisus, sisu esitus laiali-valguv, eelarve kõvasti ülepaisutatud, tegevused ebapiisavalt lahti seletatud	12	EnPro Inseneri-büroo AS
9	FP6-2002-TREN-1	Innovative combinations of biomass with energy fuels	SSA	Moodustatakse tegevuste raamistik sotsiaalse teadlikkuse tõstmiseks biomassi puudutavates küsimustes, eriti maapiirkondades, et vähendada majanduslikke, sotsiaalseid ja tööhõiveprobleeme. Projekt vähendab linna ja maa vahelisi erinevusi ja ebakõlasid. Infolevi teemadeks on: biomassi kasutamise meetodid ja vahendid koos edulugude tutvustamisega, tehniliste ja mitte-tehniliste takistuste identifitseerimine ja lahenduste pakkumine biomassi jätkusuutlikuks kasutamiseks.	Projektil on küll ambitsioonikas eesmärk, kuid taotlusest ei selgu, kuidas see saavuta-takse. Osalejatel puudub vajalik kompetents. Mingil põhjusel pole kaasatud vanu liikmesriike	7	Tallinna Tehnikaüli kool, EERI

10	FP6-2005-TREN-4	Combined Heat and Power in Local Communities	IP	Energia tarnimine munitsipaalomanduses olevate firmade poolt tähendab reeglina seda, et kohalik omavalitsus kontrollib kogu ahelat alates primaar-energiast kuni energia kasutamiseni ning energia-küsimustega tegelemine on üks tema tegevusi. Kohalik energiaga varustaja üritab maksimaalselt kasutada kohalikke ressursse nagu biomass ja maasoojus, toodab elektrit ja soojuse koostootmisjaamades ning tarnib need tooted torusid ja juhtmeid kaudu tarbijani. Kohalike tarnijate huvides on piirata tarbimist säästes sellega kohalikke ressursse ning parandades kohapealset elukvaliteeti. Projekti käigus taheti analüüsida kolme valitus sihtregiooni energiabilanssi, seejärel töötatakse välja maksimaalselt efektiivne ja võimalikult odav energiaga varustamise viis.	Teema on asjakohane, kuid nõudluse pool on tähelepanu alt praktiliselt välja jäänud. Taotlus on hästi kirjutatud ja eesmärgid selgelt lahti seletatud, kuid komistuskiviks sai tarbimise pool ja energiasäästu võimalused hoonetes, seega hindajate arvates on projekt kaugküttesüsteemi kui terviku seisukohast tasakaalust väljas ning sellisena rahastamisele ei kuulu	10	Kuressaare Linna-valitsus

Tabel 6.5. Eesti osalemine 7. raamprogrammis (rahastatud taotlused)

Jrk nr	Konkursi kood	Projekti nimi	Projekti tüüp	Sisu kokkuvõte	Hinnang	Partne-rite hulk	Eesti partner
1.	FP7-ENERGY-2007-1-RTD	New and advanced technologies for hydrolysis and/or fermentation of lignocellulosic biomass, ENERGY-2007-3.2-02 (Second generation fuel from biomass)	FP	Lignotselluloosist toodetud bioetanoolil on tohutu potentsiaal transpordisektori energiaga varustamise jätkusuutlikkuse tagamisel. Selles valdkonnas on Euroopa teadlased vaieldamatult esirinnas. Hüdrolüüsi ja fermentatsiooni osas on siiski veel terve rida lahendamata tehnilisi probleeme. Kõik projekti käigus vaadeldavad tehnoloogiad koondatakse ühtsesse pideva bioprotsessi reaktorisse, mis sisaldab hüdrolüüsi, fermentatsiooni ja etanooli tootmist. Projekti tulemuseks peaks olema oluliselt parandatud protsessi ökonoomika, kusjuures lüheneb protsessiks vajalik aeg, suureneb ensüümide efektiivsus ja saadavate süsivesikute kogus. Projekti ülesannete hulgas on veel uute termofiilsete ja efektiivsete ensüümide väljatöötamine, C6 ja C5 fermentisatsioon kasutades F oxysporiumi ja modifitseeritud S. cerevisat, suure kuivainesisaldusega hüdrolüüs, erinevatele toormega kohandumine, tehnilise ja majandusliku potentsiaali üldisne hindamine. Toormena vaadeldakse nisu põhku, maisivarsi, päideroogu ja suhkrusorgot. Oluline panus antakse teise põlvkonna bioetanooli kommertsialiseerimise kiirendamisse.	Korralikult kirjutatud tugev taotlus. Suur majanduslik tähtsus, kuna eesmärgiks teise põlvkonna biokütuse tootmise omahinna ja tootmiseks kuluva aja vähendamine. Hindajad soovitavad projektis käsitleda ka metsajäätmeid. Taotlusele antud hinnete tase ületas künnise, millest alates sai võimalikuks projekti finantseerimine	9	Tartu Ülikool, Biogold OÜ

7. MATERJALITOOTMINE BIOMASSIST; BIOMATERJALIDE KASUTAMINE JA TRENDID (SH EHITUSMATERJALID, TARBE- JA TÖÖSTUSKEEMIA, BIOPLASTID, KOMPOSIITMATERJALID JM)

Nii põllumajanduslikku kui looduslikku biomassi on võimalik kasutada mitmel eesmärgil. Põllumajandusliku biomassi kasutusvaldkonnad on laienenud ja see põhjustab toormeturul järjest kasvavat konkurentsi. Biomassi kasutavate konkureerivate kasutusvaldkondade hulka kuuluvad:

- põllumajandussaaduste kasvatamine inim- ja loomatoiduks;
- õlikultuuride, energiaheina, jne kasvatamine energia saamiseks või vedelate biokütuste tootmise tooraineks;
- biomassi kasutamine mitmesuguste materjalide tootmiseks, sh tselluloosi, ehitusmaterjalide, keemiatoodete, bioplastide, jne.

Põllukultuure on Eestis siiani toodetud eelkõige inimtoiduks ja loomasöödaks, viimasel ajal ka taimeõli (rapsiõli) tootmiseks. Lina tootmine kiu saamiseks on praktiliselt lõpetatud, vähesel määral on toodetud linaluuplaate. Roogu ja vähemal määral õlgi on kasutatud ka ehitusmaterjalidena (katuse- ja isolatsioonimaterjalidena). Nende materjalide kasutamist ehitusmaterjalidena või ehitusmaterjalide tootmiseks võib pidada majanduslikult eelistatumaks kui põletamist.

7.1. Biomassist ehitusmaterjalide tootmine

Eestis on viimase paarikümne aasta jooksultoodetud puidu biomassist väga mitmesuguseid ehitusmaterjale, samuti tselluloosi. Vaatleme lühidalt põhilisi puitu tooraineks kasutavaid tööstusi.

7.1.1. Haavapuitmassi tehas – Estonian Cell

AS Estonian Cell on Kundas asuv haavapuitmassi tehas, mis alustas tootmist 2006. aasta aprillis. Täiesti uue tehase rajamisinvesteeringu maht on 2,4 miljardit Eesti krooni ja on seega suuruselt teine välisinvesteering Eesti tööstusesse.

Estonian Cell toodab kõrgekvaliteedilist kemi-termo-mehaanilist haava puitmassi (Aspen BCTMP). Tootmises kasutatakse uudseimat tehnoloogiat (Best Available Technology). See tähendab efektiivset kiukasutust, võimaldab paindlikkust nii valgesuse, läbipaistmatuse kui mahulisuse osas.

Niisiis saab tehas toota erineva kasutusega tooteid:

- trükipaberiks
- kartongiks
- pehmepaberiks
- erikasutusega paberiks

Tooraine

Haab (Populus Tremula) moodustab 7,3% Eesti puistute kogumahust. Meie puitmassitehas tarbib umbes **380 tuh m³ haava paberipuitu aastas.** Oluline on, et Kunda haava puitmassi tehase tehnoloogia võimaldab kasutada ka madalama kvaliteediga puitu – mõningane värvimuutus ja südamikumädanik on lubatavad. Tehases suudab käsitleda nii peenmaterjali kui jämesortimente (6-60 cm). Võrreldes saematerjalina kasutatava kõrgekvaliteedilise puiduga loob puitmassi tootmine soodsad eeldused seni vähemväärtuslikuks peetud madalamakvaliteedilise haavapuidu kasutuselevõtuks.

Meie pikaajalise lepinguga haava paberipuu tarnijateks on RMK ja ettevõte Nor-Est Wood. Mõlemad tarnijad omavad FSC sertifikaati:

RMK – kogu metsamassiiv on sertifitseeritud FSC metsamajandusstandardi alusel • Nor-Est Wood – sertifitseeritud FSC tarneahelastandardi alusel. See tähendab, et kogu tarnitav paberipuu on FSC sertifitseeritud või kontrollitud päritoluga. RMK ja Nor-Est Wood on ainutarnijad. RMK tarnib puitu ainult oma hallatavatest metsadest, Nor-Est Wood nii riigimetsast kui erametsast, samuti Venemaalt ja vajadusel Lätist.

Alates 13. juunist 2006 on meie tehase tarneahel sertifitseeritud (sertifikaadi nr. SW-COC-1917). Standardi juurutamise eesmärgiks on edendada jätkusuutlikku metsade majandamist läbi turueeliste loomise.

Müük

Meie haavapuitmassi turustab Wilfried Heinzeli rahvusvaheline müügivõrk. Lähemat informatsiooni müügikontorite kohta saab aadressil www.heinzelsales.com

Keskkonnast

Tehases kasutatav uudne tehnoloogia paneb aluse keskkonnasõbralikule tootmisele, mida peame äärmiselt tähtsaks.

Estonian Celli keskkonna-alased eelised:

- väävlivaba tootmine
- kloorivaba pleegitus
- madalam veekasutus
- kõrge puidu saagikus.

Meie ettevõttele rakenduvad ranged keskkonnanõuded. Estonian Cellile on väljastatud Keskkonnakompleksluba nr. 1.

Mahukas investeering oli tehase bioloogiline veepuhastusjaam, mis võimaldab nii bioloogilise kui keemilise hapnikuvajaduse puhastusastet üle 90%, mis on kõrgeim selle tööstusharu lõikes. Puhastatud heitvesi suunatakse 9,5 kilomeetri pikkuse toru kaudu Mahu lahte, suublaga 1,5 kilomeetrit rannajoonest ja 10 meetri sügavusel merepõhjas.

Moodsad tootmisstandardid ja keskkonnasõbralik tehnoloogia aitavad kaasa rahvusvaheliste keskkonna- ja kvaliteedistandardite ISO 9001 ja ISO 14001 täitmisele.

7.1.2. HORIZON AS

HORIZON AS on Eestis tselluloosi ja paberitootmisega juba aastast 1938. Aastast 1995 erastas Singapuri Toleram Groum endise Kehra tselluloosivabriku ja selles omanduses on ettevõte praegugi. Firma transpordib oma toodangut rohkem neljakümnesse välisriiki, kusjuures ekspordist 70% läheb Euroopa Liidu turule ja ülejäänud osa Aafrikasse, Lähis-Idasse ja Aasiasse.

Daisy pehmepaberi tooted valmivad ettevõttes **Horizon Pulp&Paper**. Ettevõte ajalugu on pikk, ulatudes aastasse 1938, kui avati Kehra paberivabrik. 1993. a. otsustati tehas likvideerida, kuid pankrotihalduri ettepanekul alustati investorite otsinguid. Aastatel 1993-1995 külastasid tehast mitmed investorid nii Venemaalt, Prantsusmaalt kui Hiinast. 22 märtsil 1995 a. külastas tehast **Tolaram Goupi** esindaja Narinder Kumar Aswani ning sama aasta oktoobris taaskäivitati tootmine Horizon Pulp&Paper nime all.

Tolaram Grupp on rahvusvaheline ettevõte, mille peakontor asub Singapuris ning omab ettevõtteid rohkem kui 20 riigis Aasias, Aafrikas, Euroopas ja Ameerikas.

Pehmepaberi tootmisega alustati 1998. aastal, kui hakati valmistama tualettpaberit ning köögirätikuid. Praeguseks on tootesortiment laienenud ning lisandunud on veel salvrätikud, taskurätikud ning kosmeetilised salvrätikud. Lisaks „Daisy" kaubamärgile osutab ettevõte allhanke teenust mitmetele firmadele nii Baltikumis kui Skandinaavias. Firma transpordib oma toodangut rohkem neljakümnesse välisriiki, kusjuures ekspordist 70% läheb Euroopa Liidu turule ja ülejäänud osa Aafrikasse, Lähis-Idasse ja Aasiasse.

7.1.3. AS Repo Vabrikud

AS Repo Vabrikud on Põhja- ja Baltimaade suurim kõrgekvaliteedilise melamiinkattega puitlaastplaadi tootja nii koguselt kui tootevalikult ja üks Eesti suurimaid eksportööre.

AS Repo Vabrikud omab kolmekümneaastast puitlaastplaatide tootmise kogemust. Puitlaastplaate toodetakse 1974. aastast, lamineeritud puitlaastplaate 1977. aastast ning puitkiudplaate 1982. aastast.

Klientidel on võimalik valida lamineeritud puitlaastplaadi rohkem kui 70 erineva tekstuuri ja värvi ning 8 erineva plaadi paksuse vahel.

<u>Toodete tutvustus</u>

AS Repo Vabrikud toodab kõrgekvaliteedilist E1 puitlaastplaati ja melamiinkattega puitlaastplaati mööblitootjatele. Repo puitlaastplaadid on tugevad ja samas kergesti töödeldavad, võimaldades mööblitootjatel väiksemate kuludega saagida vajalikke detaile (vähenevad lõikeinstrumendi ja energia kulu).

Klientidel on võimalik valida melamiinkattega puitlaastplaadi rohkem kui 70 erineva tekstuuri ja värvi ning 8 erineva plaadi paksuse vahel.

Puitlaastplaat P2

- Toodetavad paksused: 10; 12; 15; 16; 18; 19; 22; 25 mm
- Standardmõõt: 1830 X 2750 mm
- Tihedus: 680 kg/m³
- Emissiooniklass: E1 E1

Melamiinkattega puitlaastplaat

- Toodetavad paksused: 10; 12; 15; 16; 18; 19; 22; 25 mm
- Standardmõõt: 1830 X 2750/5500 mm
- Tihedus: 680 kg/m³
- Emissiooniklass: E1
- Toodame rohkem kui 60 erineva tekstuuri ja värvivalikuga plaati vastavalt kliendi soovidele. E1

Niiskuskindel melamiinkattega puitlaastplaat P3

- Toodetavad paksused: 16 mm
- Standardmõõt: 1830 X 2750/5500 mm
- Tihedus: 680 kg/m³
- Emissiooniklass: E1
- Dekoor: valge E1.

Puitlaastplaadi tootmiseks kasutatakse saepuru, ümarpuitu ja sisseveetavat puiduhaket (20%).

AS Repo Vabrikud toodangut eksporditakse 12 Euroopa ja Aasia riiki. Ekspordi osakaal on kasvanud jätkuvalt – eksporditakse 86% toodangust, mistõttu võib AS-i Repo Vabrikud pidada üheks suurimaks eksportijaks Eestis. Suurimad ekspordimaad on Soome, Rootsi, Baltimaad ja Venemaa.

7.1.4. VIISNURK AS

AS Viisnurk on mitme tootmisharuga puidutöötlemisettevõte, millel on enam kui poole sajandi pikkune puiduvääristamise kogemus.

Viisnurga äriüksusteks on mööblidivisjon ja ehitusmaterjalide divisjon. Mööblidivisjon keskendub omanäolise kodusisustusmööbli valmistamisele ja turustamisele. Ehitusmaterjalide divisjonis toodetakse ja turustatakse kahte iseseisvat pehmetel puitkiudplaatidel baseeruvat tootekategooriat: soojus-ja heliisolatsiooni otstarbel kasutatavaid üldehitusplaate ning seinte ja lagede siseviimistlusplaate.

Ettevõtte peamised sihtturud on lisaks koduturule lähiregioonis – Põhjamaad, Lääne- ja Kesk-Euroopa ning Venemaa. ASi Viisnurk kliendid ja koostööpartnerid on oma ala tunnustatud esindajad, keda seovad ettevõttega pikaajalised koostöösuhted.

Täielikult eraomandil põhinev AS Viisnurk on esimene ja seni ainus Eesti puidutöötlemise ettevõte, mille aktsiad on noteeritud Tallinna Väärtpaberibörsi lisanimekirjas.

<u>AS Viisnurk kiudplaadivabrik</u>

AS Viisnurk kiudplaadivabrik toodab naturaalseid ja impregneeritud puitkiudplaate, mille tihedus jääb vahemikku 230-260 kg/m³. Vabriku maksimaalne tootmismaht ulatub 12 000 tonnini aastas. Suurema osa oma toodangust turustame piiri taga. Peamised eksporditurud on Skandinaavias (Soome) ja Lääne-Euroopas (Holland, Saksamaa, Portugal).

ISOPLAAT kaubamärgi all toodetud kiudplaate kasutatakse ehituses soojus- ja heliisolatsioonimaterjalina ning tuuletõkke- ja jäikus- elemendina seina-, lae-, ja põranda-konstruktsioonides. Unikaalsed, pehmest puitkiudplaadist valmistatud siseviimistlusplaadid ISOTEX, mis on kaetud tapeedi või tekstiiliga, on mõeldud interjööride seinte ja lagede lõplikuks viimistlemiseks.

Kiudplaatide tootmine on loodust säästev, sest valmistamisel kasutatakse puiduhaket – toorainet, millel tööstuses vähem kasutust. Ka tootejäägid on toorainena tehnoloogiliselt uuesti kasutatavad. Puiduhakke jahvatamisel tekkivat kiudmassi pressides ja kuivatades saadakse plaadid, mille sideaineks on puidus sisalduvad looduslikud vaigud. Kiudplaat on

looduslikult puhas ja kõrgekvaliteediline ehitusmaterjal, milles on säilinud kõik puidu head omadused - soojus, tervislikkus ja vastupidavus.

Joonis 7.1. AS Viisnurkkiudplaat toodete näidised

Ettevõtte kiudplaadivabrikus toodetakse kahte pehmetel puitkiudplaatidel baseeruvat tootekategooriat: soojus- ja heliisolatsiooni otstarbel kasutatavaid üldehitusplaate ning seinte ja lagede siseviimistlusplaate.

Isolatsioonplaadid

Isolatsioonplaate kasutatakse ehituses soojus- ja heliisolatsioonmaterjalina ning tuuletõkke- ja jäikuselemendina seina-, lae- ja põrandakonstruktsioonides.

Välissoojustus- ehk tuuletõkkeplaate ja freestappidega katuseplaate kasutatakse hoonete seina-, lae- ja katusekonstruktsioonides tuult tõkestava ja soojustava konstruktsioon-materjalina.

Põrandate aluspindade tasanduseks, soojustamiseks ja peamiselt parkettpõrandate korral müra-takistuskihina on mõeldud põrandaplaadid.

Isolatsioonplaatide suuremad müügiturud on Soome, Holland, Saksamaa ja Portugal.

1995. aastast on ehitusmaterjalide divisjon Euroopa Kiudplaaditootjate Föderatsiooni FEROPA liige.

Siseviimistlusplaadid

Lagede ja seinte dekoreerimiseks mõeldud siseviimistlusplaate turustatakse 100% oma kaubamärgi ISOTEX all.

Siseviimistlusplaate valmistatakse naturaalsetest puitkiudplaatidest, mille servadesse töödeldakse punntapid ja pealispind kaetakse paber- või tekstiilkattega. See tehnoloogia võimaldab toota erineva värvi ja mustriga plaate. Baasmaterjalist johtuvalt on Isotex plaatidel hea soojapidavus- ja helisummutusvõime. Tapid plaadi servades võimaldavad materjali kiiret paigaldust, samas ei vaja saavutatud lõpptulemus hilisemat viimistlemist.

7.1.5. Kokkuvõte puidu kasutamisest tselluloosi ja ehitusmaterjalide tootmiseks

Puidu kasutamisel on põhieesmärk kvaliteetse tarbepuidu saamisel, vähemkvaliteetne puit leiab rakendamist tselluloositööstuses ja ehitusmaterjalide tootmisel (puitlaast- ja puitkiud-plaadid) ning nendel eesmärkidel mittekasutatav puit, samuti metsa ülestöötamise ja töötlemise jäägid kui odav ja toormena mittekasutatav materjal sobib kasutamiseks kütusena.

Kokkuvõte praegusest puidu biomassi mitteenergeetilisest kasutamisest on toodud järgnevas tabelis (Tabel 7.1).

Tabel 7.1. Puidu biomassi erivajadus (nn saagikus) ja summaarne kulu erinevate toodete jaoks

Toode	Ettevõte	Tooraine kulu 2006	Toodang	Saagikus
Puitmass	AS Estonian Cell	380 000 tm/a	988 000 m^3/a	2,6 tm/t
Tselluloos	Horizon AS	335 600 tm	67112 t	5,0 – 5,2 tm/t
67112 Puitkiudplaat	AS „Viisnurk“	57 000 tm/a	22.4 milj. m^2 ehk 12 000 t/a ehk 30 000 m^3/a	1,9 tm /m^3 tihedus 230-260 kg/m3
Puitlaastplaat	AS Repo Vabrikud (Püssi)	392 020 tm/a	230.6 tuh. m^3	1,7 tm/m^3 tihedus 680 kg/m^3 niiskussisaldus 5 – 13% saepuru umbes 25%

7.1.6. Andmete allikad

Andmed on koondatud järgmistelt veebilehtedelt:

www.estoniancell.ee

www.repo.ee

www.viisnurk.ee

www.horizon.ee

Täiendav info saadud telefoniküsitluste teel järgmistelt isikutelt:

1. AS Estonian Cell tootmisjuht (väga vastutulelik), tel. 445 0000
2. AS Viisnurk tootmisjuht hr. Toomas Liidemaa, tel. 445 1807
3. AS Repo Vabrikud tootmisosakonna juhataja asetäitja pr Albina Sillat, tel. 33 96 147

7.2. Bioplastid

7.2.1. Bioplastide mõiste ja tarbimistasandid

Bioplasti termin on kasutusel mitmetähenduslikuna ja seda reeglina väljaspool teadusliktehnilist kirjandust. Olulise poolest maaelu edendamisele, ühtlasi teemakäsitlus-tasandi täpsustamiseks on siin bioplastina käsitletud biologilisest materjalist (enamasti taimset päritolu) pärinevat polümeeri, mis on saadud kas mingi biopolümeeri modifitseerimisel või mille sünteesimisel on vähemalt osalisest kasutatud biomassist toodetud monomeere. (minu definitsioon).

Ingliskeelses kirjanduses on wikipedia tasemest sügavamal tavaliselt selles tähenduses kasutuses termin *Bio-based polymers* (lühendatult tihti BB). Näiteks kasutab terminit *Bio-based polymers* Euroopa Komisjoni Tulevikutehnoloogiate Uurimisinstituut (IPTS).

Selline definitsioon taandab tunnus-polümeeri plastist. Abstraheerimine on vajalik, sest plast on midagi tunduvalt tüsilikumat kui teda moodustavad polümeerid või nende segud.

Lõpptarbija jaoks on plast keeruline komposiitne materjal mida on kasutatud mingi objekti tegemiseks. Selline plast sisaldab suures koguses väga mitmeid erinevaid osiseid (ingl. *compounder*), milliste eesmärgiks on teha toote pressimine/vormimine/puhumine/jne. võimalikuks. Vastav tehnoloogiline masinapark on välja töötatud vastavuses 9/10 turgu moodustavate petroplastide füüsikalis-mehhaanilistele omadustele. Biopolümeere sisaldavad plastid lihtsalt peavad tootmisse rakendamiseks neile nõuetele vastama.

Plasti komponeerimine võib toimuda mitmes etapis. Erinevate polümeeride kokkusegamisel (ingl. *blending*) on võimalusi väga palju. Mõned tehnoloogiad viivad segatavate komponentide vahel uute keemilis/füüsikaliste struktuuride tekkimisele. (Tihti kasutatakse seda tõsiasja põhimõtteliselt ammutuntud materjalide uuesti patenteerimisel). Millise (ko)polümeeri alusel sellist liitset plasti liigitada on tihti pigem turundusstrateegiline kui teaduslik küsimus.

Erinevaid kokkusegamisetappe võidakse läbi viia erinevates firmades. Nii näiteks segab BASF (suhtes 45/55) oma biodegradeeruvat, petroplastil põhinevat, EcoFlex'i kaubamärgi all toodetavat plasti PLA-plastiga firmalt NatureWorks (Cargill) ja appelleeerib sellega Saksa tarbijate tuntud rohelisusele. Segu kannab omakorda uut kaubamärki – Ecovio.

Vormindamisse jõudvad plastid (enamasti graanulitena) on vastava tehnilise spetsi-fikatsiooniga varustatud materjalid, kokkuleppelise, tähtede ja arvude kombinatsioonist nimega. Näiteks, Y101U, ZF, NF01U on kõik MaterBi kaubamärki kandvad, kuid väga erinevate omadustega plastid Itaalia firmalt Novamont. Need kõik on turunduskeeles n.ö. bioplastid ja liigitatavad tunnus-polümeeri alusel kategooriasse 'termoplastne tärklis'. Kui palju tärklist sisaldub mingis meie käes oleva toote tegemiseks kasutatud plastis, on hoopis teine küsimus.

Alternatiivne bioplasti käsitlus seab esmaseks nõudeks biolagundatavuse, materjal ise võib päritolult olla sünteetiline. (ingliskeelne vaste sellist tüüpi plastidele on *biodegradable plastics*) Biolagundatavus on samuti difuusne mõiste. Lühidalt, biolagundatavus on see mida mõõdetakse biolagundatavuse testidega. Looduslik ekvivalent neile testitingimustele on tihti küsitav. Erinevad testid jaotuvad laias laastus viide kategooriasse:

1. Biodegradeeruvus
2. Komposteeruvus,
3. Hüdro-biodegradeeruvus
4. Foto-biodegradeeruvus
5. Bioerodeeruvus

Kui materjal läbib ühe neist kategooriatest, müüakse seda kui biolagunevat.

Pealegi, erinevaid standardeid nendeks testideks on palju. Suuremaid rahvusvahelisi organisatsioone kes omavad omi, üksteisest erinevaid teste kõigis neis kategooriates on kuus:

- American Society for Testing and Materials (ASTM) (www.astm.org)
- European Standardisation Committee (CEN) (www.cenorm.be)
- International Standards Organisation (ISO) (www.iso.org)
- Institute for Standards Research (ISR)
- German Institute for Standardisation (DIN)
- Organic Reclamation and Composting Association (ORCA) (Belgia).

Seega, iga biolaguneva plasti puhul tuleb täpsustada, millisel mõeldaval viisil ja millise standardi alusel see laguneb. Ja kas sel on ka tähendus toote eeldatava kasutamise korral reaalsetes tingimustes. Pealegi, ei tohi unustada, et testides mõõdetav lagunemine ei tähenda plasti moodustavaate erinevate komponentide tegelikku sisenemist aineringesse.

Kõik bioplastid (BB) ei ole biolagunevad.

Paljud biolagunevad polümeerid ei ole päritolult bioplastid.

7.2.2. Bioplastide kasutamine

Bioplastide idee arendus ja nende turustamisstrateegia on baseerunud suuresti valel eeldusel. Keskkonnaprobleemide teadvustamisel on rõhutud peamiselt olmeprügi uputusele. Enamiku olmeprügist moodustavad pakendiks kasutatava plasti jäätmed. Lahendusena on pakutud plasti iseeneselikku lagunemist. Looduses lagunemine ja aineringesse taassisenemine iseloomustab eelkõige bioloogilisi materjale. Nii ongi kujunenud müüt bioplastidest, kui looduslikust ja taastuvast toormest materjalidest, mis täitnuna oma funktsiooni pakendina, lagunevad kenasti ja jäägitult, et taas kunagi plastiks saada. See müüt on vastuolus praeguste pakendile pandavate nõuetega ja plastide tehnoloogiliste iseärasustega. Materjal ei saa olla biofaktori suhtes ühtaegu stabiilne ja ebastabiilne. Lihtsam kui muuta loodusseadusi, on muuta meie pakendamisharjumusi. Paraku, poliitilistest ja ärilistest huvidest lähtudes hoitakse müüti odavast bioplastist endiselt elus.

Bioplasti, mis majanduslikel alustel (hind/omadused) kõigutaks peamiste petrokeemial põhinevate polümeeride turgu olmeplastide tegemiseks, pole veel olemas.

Laiatarbe-polümeeride (nagu PE ja PP) hind on praegu kuskil 0,5 – 1 €/kg, kõrgspetsiifiliste materjalide hind suurusjärgus 50 €/kg. Tarbija jaoks sisaldab materjali hind nii kulutatud toorme ja energia hinda kui ka keskkonnamakse. Ka keskkonnamaksudest vabastatuna ja subsideerituna pole aga ükski bioplasti põhine plast praegu laiatarbe-polümeeridega võrreldes konkurentsivõimeline. Mida vähem on plastis bio-komponenti, seda odavam see tuleb, kuid ka kõige odavamate bioplastidest tuletatud plastide puhul on säilinud umbes kahekordne vahe hindades. Selline hind manifesteerib tõsiasja, et bioplastid ei aita säästa ei energiat ega muid ressursse.

Fossiilkütustest tuletatud biolagunevad plastid on odavamad kui bioplastid. Bioplasti põhiseid materjale mis peavad lagunema vabas looduses on otstarbekas kasutada valdkondades kus plastesemete kokkukogumine ja utiliseerimine on tülikas, või kus biomaterjalide omadused annavad selget lisaväärtust. Seega peamiselt hügieenis (koos sõjanduse, turismi jms. aspektidega), põllumajanduses ja kalanduses.

Bioplastide tegelik tugevus seisneb hoopis nende materjalide unikaalsetes omadustes. Kõigis biopolümeerides on monomeeri kohta vähemalt üks kiraalne süsinik ja funktsionaalsed rühmad polümeeris seega kindlas ja korrapärases asetuses. Niimoodi moodustunud polümeer on korrapärane (nt spiraalne) ka kõrgemat järku struktuurides. Sellest tingituna on bio-polümeerid väga elastsed ja tugevad. Vahe teiste polümeeridega on piltlikult nagu armatuur-raual ja terastrossil. Kuigi tänapäeval on võtteid ka enantiomeerselt puhtaks sünteesiks ja vastavate materjalide kokkupanemiseks (nn nanotehnoloogia) on biopolümeeridel ka veel teisigi häid omadusi (näiteks kehaomasus).

Seega, bioplastide tegelik sihtmärgid peaks olema biotehnoloogia ja meditsiin, nanotehno-loogilised rakendused ja optika. Kõigis neis valdkondades on biopolümeere kasutatud ja kasutatakse aasta-aastalt üha enam. Ainult et sellest räägitakse vähem kui meid kõiki erutavast loodushoiust.

Bioplastid on oma omadustelt kõrgspetsiifilised materjalid ja sellistena on nende kõrge hind ka igati õigustatud.

7.2.3. Tähtsamad bioplastide rühmad

Bioplaste liigitatakse erinevalt. IPTS liigituses on läbisegi lähtutud kord saamisviisist, kord keemilise sideme tüübist. Lisaks on potentsiaalselt GMO-organismide poolt saadavad materjalid loetud täiest eraldi rühmaks. Siinkohal on sellisest jaotusest loobutud ja aluseks võetud suhestumine looduslikku toormesse.

Antud käsitluses on bioplastide jaotust mõneti lihtsustatud. Igasse liiki kuulub tegelikkuses mitmeid tehnilisi ja keemilisi modifikatsioone. Seega iga käsitletav bioplast on tegelikult rühm sedatüüpi biopolümeeridest.

Tänapäeval saadakse palju bioplaste erinevate biopolümeeride segamisel. Kuna erinevate polümeeride kokkusegamisel ilmnevad tihti materjalil täiesti uued omadused ja toimub ka keemiliste sidemete teke, siis on need sisuliselt uued bioplastid, mis kuuluvad korraga kahte või isegi kolme põhitüüpi. Selliste seoste näitamine oleks siinkohal liiga spetsiifiline ja laialivalguv.

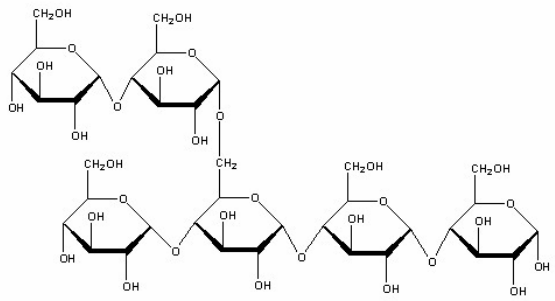
Osasid polümeere, milliste side biomassiga on kaudne või tinglik pole käsitletud. Nii nagu karbamiidi pole arukas toota uriinist, nii pole ka näiteks suksinaadi ja glükoolide tootmine biomassist majanduslikult põhjendatav tegevus.

7.2.3.1. Modifitseeritud biopolümeerid

<u>Tärklisepõhised polümeerid</u>

Siia kuuluvad näiteks termoplastsed tärklisesegud, tärklis atsetaat, tärklise ko-polümeerid teiste polümeeridega, nende segude atsetaat ja muud estrid.

Tärklis on olnud populaarseim looduslik polümeer bioplasti saamiseks. Tärklispõhiste bioplastide osakaaluks on hinnatud 60…80% kõikidest bioplastidest. Rühmade omavahelise kattuvuste tõttu on see hinnang mõneti spekulatiivne, kuid olukorda siiski ilmselt iseloomustab.



Joonis 7.2. Tärklise keemiline struktuur

Tärklis koosneb α-1-4 või α-1-6 sidemetega ühendatud d-glükoosi jääkidest.

Igal glükoosijäägil on mitu reageerimisvõimelist OH-rühma ja seega on polümeeri keemiliseks modifitseerimiseks hulgaliselt võimalusi. Tärklis on kergesti eraldatav, sest on

ainuke taimne karbohüdraat mis pakitakse taimes valmis graanulitena. Tärklis on probleemideta biodegradeeruv polümeer. Enamgi, kuna tärklise lagunemine kipubki toimuma liiga kiiresti, protsessingu käigus, siis selle vähendamiseks ongi välja töötatud mitmeid esterdamis ja ümberesterdamis- ja eeterdamistehnoloogiaid. Lihtsaim bioplast tärklisest on sorbitooli, glütserooli või mõne muu polüooli manulusel hapustamisega termoplastseks muudetud intaktne tärklis.

Praegu ei ole tärklisepõhised bioplastid hinna poolest petroplastidega konkurentsivõimelised. Üldine tendents sellest ülesaamiseks on natiivse tärklise osakaalu pidev vähendamine komposiitsegudes. Mõned katteloorid materjalid olevat isegi alla 0,5 €/kg, kuid keskeltläbi on tärklisesisaldusega biodegradeeruvad materjalid vähemalt kaks korda tavaplastidest kallimad. Üldse on nad aga seejuures ikkagi odavaimad bioplastid.

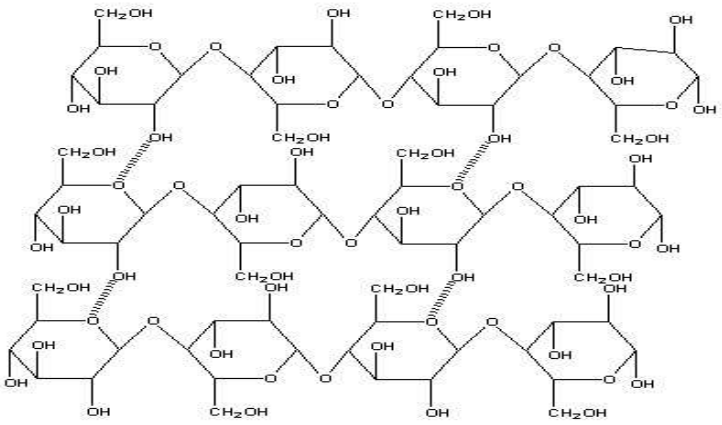
Olles bioplastide lipulaev on tärkisepõhised segud ühtlasi bioplastide keskkonnasõbralikkuse debati musternäide. Tuntuim tootja Euroopas, Novamont (Itaalia) tunnistab oma keskkonna-mõjude auditis, et 1 kg sellise plasti (kaubamärk MaterBi) tootmiseks (www.materbi.com/) kulutatakse 500 g naftat ja ca 80% sellest energiast mis tavaplastide tootmiseks. Uus agressiivne tärklisesegude arendaja on ameerika kapitalil põhinev Teinnovations Inc. Materjali nimetatakse Plastarch Material (PSM), mis on reklaamitud kui esimene niiskuse ja kuumakindel ja täiesti ilma lisanditena bioplast. (Mida tähendab „lisandita plast“ jääb siiski arusaamatuks.)

Tärklisepõhiste bioplastide põhiline kasutusala on põllumajanduses, toiduainete pakendites ja hügieenis.

Modifitseeritud tselluloos

Erineval määral atsetüülitud ja nitreeritud tselluloos, regenereertud tselluloos, tselluloos hüdraat, segud.

Tselluloos koosneb samuti glükoosijääkidest, kuid side on β-1-4 glükosiidside.



Joonis 7.3. Tselluloosi keemiline struktuur

See väike erinevus põhjustab tegelikult polümeeri omadustes küllalt suuri muutusi. Tekib võimalus koordineeritud vesiniksidemete tekkeks ja tselluloosi ahelad võtavad orienteeritult sekundaarse ja tertsiaarse struktuuri. Lihtsamalt, tselluloos moodustab omavahel seotud lamelle ja on seetõttu praktiliselt lahustumatu ning hüdrolüüsub tunduvalt raskemini kui

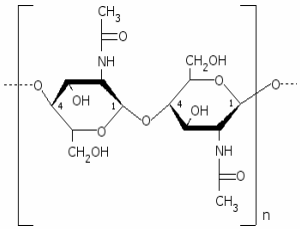
tärklis. Seega kui tärklis on varuaine, siis tselluloos on mõeldud olema suhteliselt vastupidav ja püsiv ehitusmaterjal. Kui sellele lisandub veel täiendav kaitse lignifitseerumise näol, on tselluloosi restruktureerimine kallis ja energiamahukas protsess.

Tselluloos on vanim bioplasti materjal. Tselluloosipõhistest materjalidest on tuntud viskoos ja sellest tuletatud tsellofaan, ja erinevad „kunstsiidid" nagu Modal, Rayon ja Tencel. Mõnede tselluloos-estrite kasutuselevõtust on möödas juba üle saja aasta. Nitreeritud tselluloos on andnud lõhkeaineid ja plasti (nt esmane kinofilm). Laialdane on ka tselluloos-eetrite kasutusvaldkond. Enim kasutatakse bioplastide kujundamisel erineval määral atsetüülitud tselluloosi (mida sügavamalt atsetüleertud, seda vähem biolagunev) ja tsellofaani.

Klassikalised kangad. Eraldi bioplastina kasutatakse vähe, põhiliselt segudes või komposiitide kattekihina.

Kitiin

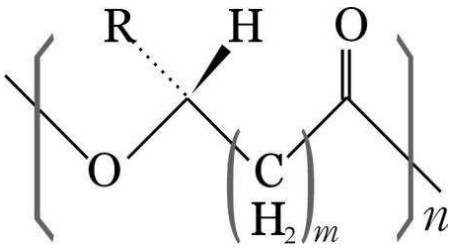
Kitiini struktuur on tuletatav tselluloosist, ainult glükoosijääkide asemel on siin N-atsetüülglükoosamiin.



Joonis 7.4. Kitiini keemiline struktuur

Kitiini bioplastide ülevaated veel reeglina ei käsitle. Materjal on kasutuses peamiselt spetsiifilistes tööstuslikes ioonvahetites ja membraanides, farmaatsiatööstuses ja teaduslaborites, samuti eksperimentaalmeditsiinis. Kitiinil on kudede regenereerimist stimuleeriv toime. Tulevikumaterjal.

Polü(hüdroksüaklanoaadid) (PHA) PHB, PHBV, PHBH. Siia kuulub väga suur ja mitme-külgne rühm hüdroksükarboksüülhapete polüestreid.



Joonis 7.5. PHA keemiline struktuur

PHA-d on looduses laialt levinud bakterite poolt sünteesitavad varuained.

Tavaliselt on monomeerideks 3-hüdroksühapped ja m=2, kuid on leitud ka 4-5- ja isegi 6-hüdroksühapppeid. Kõrvalahel R võib olla küllastumata, hargnev, aromaatne, või sisaldada erinevaid reaktiivseid rühmi. Igale R struktuuril annab polüestrile uued omadused. Praeguseks on kirjeldatud juba ca 150 erinevat monomeeri. Hüdroksürühmaga süsinik on alati (R) konfiguratsioonis ja seega iseloomustab PHA polümeere spiraalne struktuur.

Tuntuim PHA on 3-hüdroksübutüraadi polüester PHB.

PHB näol on tegemist on väga heade omadustega bioplastiga, mis oma füüsikalistelt omadustelt loetakse väga lähedaseks polüpropüleenile. PHB on biolagundatav ilma mingite mööndusteta, lagunemine toimub ensüümide vahendusel, mida produtseerivad laialdaselt kõik organismid.

Enamasti toimub PHB süntees mikroobirakkudes kontrollitult ja algab olukorras kus söötmes on küllaldaselt süsinikku ja napib lämmastikku ja/või fosforit. Lõpuks võib PHB moodustada 90% kogu raku massist.

PHB puhul pole seega sünteesiga mingit probleemi, plast produtseeritakse mikroorganismide poolt valmis kujul. Raskus seisneb siin selles, et PHB graanulid asuvad raku sees, olles omakorda ümbritsetud täiendava membraaniga ja pakitud koos struktuursete valkudega. Seega tuleb plasti kättesaamiseks rakud lüüsida ja PHB sealt mingit solventi kasutades välja ekstraheerida. Kõige paremini vastab solvendile esitatud nõuetele aga kloroform. Just vajadus kloroorgaaniliste solventide järgi kompromiteerib PHB tootmist ja viib omahinna kõrgeks.

Huvi PHB tootmiseks ja kasutamiseks on olnud pikaajaline. Kuigi ka siin on olnud oma depressiooniperiood, on PHB tootmise maht siiski järjekindlalt kasvanud. Tagasilöökide põhjused on olnud sümptomaatilised kogu bioplasti temaatikale – läbi ebarealistlike hinnaprognooside kujundatav agressiivne reklaamikampaania oma pakutava lahenduse peatsest konkureerimisest laiatarbeplastidega.

Esimesed katsetused PHB omaduste ja kommertsialiseeritavuse kohta tegi British Petroleum. Paljud patendid olid ka ICI/Zeneca valduses. 1996. aastal ostis need Monsanto, kes müüs PHB-d, täpsemalt PHBV-d (3-hüdroksü-võihappe ja -palderjanhappe kopolümeer) kaubamärgi Biopol all. Tehti palju uuringuid geentehniliselt parendatud produtsentide konstrueerimiseks. Hinnalanguse peamiseks promootoriks reklaamiti aga vastavate transgeensete taimede turuletulekut. Avalik arvamus selliste taimede suhtes (näiteks koheselt PHB-ga elastifitseeritud puuvilla produtseerivad puuvillasordid) on olnud negatiivne. 2001. aastal läks Biopoli tootmine üle firmale Metabolix ja 2004. aastal lõpetas Monsanto lõplikult mikrobioloogilise PHBV tootmise, töid taimsete produtsentide loomiseks aga tõenäoliselt jätkatakse.

Kui jätta kõrvale need lubadused, mis hetkeseisuga on endiselt vaid teaduslik fantastika, siis mikrobioloogilise tootmise korral on PHB võimalikuks hinnaks pakutud 5 $/kg, tegelik hind on hetkel aga 18 $/kg., seega ca 20 korda laiatarbeplastidest kõrgem.

Huvi selle plasti tootmiseks on säilinud ainult tänu tema unikaalsetele omadustele. PHB ja selle teised PHA-analoogid on asendamatud mitmetes biotehnoloogilistes ja meditsiinilistes rakendustes, nagu ajutised, järkjärgult asendatavad implantaadid ja ravimkandjad. Neis valdkondades ei mängi kasutatava materjali hind erilist rolli.

Mikroobid toodavad mitmesuguseid erinevaid PHA variante, kas erinevatest monomeeridest koosnevate ko-polümeeridena, või sünteesides ühte rakku üheaegselt eritüübilisi PHA-polümeere. Pikemaahelalistest monomeeridest (6-14 süsinikku) polüestreid nimetatakse „keskmise ahelapikkusega PHA-deks“ (ingl.k. *mcl-PHA*). Eritüübilistel PHA variantidel ja ko-polümeeridel on erinevad füüsikalised ja optilised omadused ning seega ka erinevad kasutusvõimalused. Mcl-PHA on vaba ka ühest eelpool mainitud puudusest – materjali ekstraheerimiseks pole vaja kasutada kloroformi – see on asendatav näiteks atsetooniga. Mlc-PHA-d toodavad mikroobid sageli lähtudes otse söötmeks kasutatud süsinikuallika süsinikskeletist. Sellisel juhul on söötmeks kas alkaanid, rasvhapped või taimsed õlid.

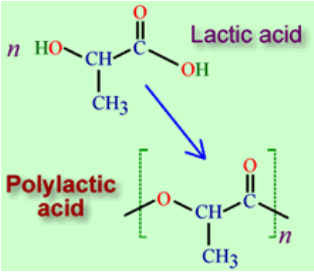
PHA-plastide laialdasem tulevik on meditsiinis. Tavakasutuses peamiselt segudes.

7.2.3.2. Osalise biopäritoluga polümeerid

Polüpiimhape (PLA)

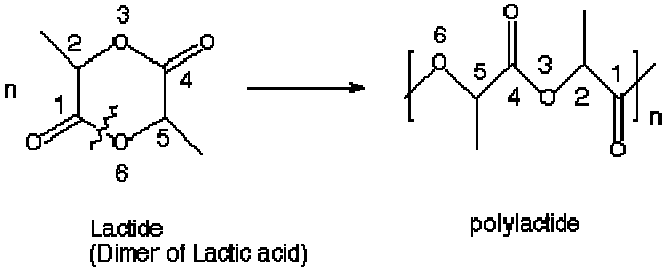
D-PLA, L-PLA, segud teiste polümeeride ja kiududega.

Kuna PLA on sünteetiline biopolümeer ja tihti sünteesitud just laktiidi ja glükoliidi (on sünteetiline) ko-polümeerina on ta liigitav kui osalise biopäritoluga polümeer.



Joonis 7.6. PLA tekke teoreetiline skeem

PLA struktuur on väga sarnane PHB struktuuriga. Erinevusena on piimhape aga mitte 3- vaid 2-hüdroksükarboksüülhape ja süsinikuahel on seega ühe C võrra lühem. Väike erinevus, aga suured tagajärjed. Loodus ei tunne mingeid 2-hüdrokühapete polümeere. Seda on ka moodsa keemiatööstuse abil raske saavutada. Reaalsuses sünteesitakse PLA piimhappe tsüklilisest kaksikestrist, laktiidist.



Joonis 7.7. PLA tekke tegelik skeem

PLA, ka polülaktaat või polülaktiid on piimhappe, kas L- või D-vormi, kõrgmolekulaarne polüester. Piimhapet ennast on küllalt lihtne toota samadest toormetest nagu etanooli, olles seega alkoholkääritamise üheks mõeldavaks alternatiiviks. Piimhappe väljapuhastamise ja kontsentreerimise tehnoloogia on aga pea risti vastupidine etanooli tootmisele. Siiski on piimhappe hind praeguseks jõudnud ca 0,7 €/kg. PLA polümeriseerimine on aga endiselt keerukas ja kallis. Piisavalt kõrge molekulmassiga plasti osatakse saada vaid laktiidist. Viimane on väga ebapüsiv, nõudes säilimiseks veevaba keskkonda. Samas on laktiidi füüsikaliste parameetrite tõttu selle väljakeetmine vett sisaldavast reaktsioonikeskkonnast väga problemaatiline. PLA omahind on vähemalt 6 korda kõrgem PE-st. Seetõttu ei ole PLA, hoolimata oma biolagundatavusest, laiatarbe-plastide asendajaks. PLA-plasti biolagunevus põhineb materjali suhtelisel keemilisel ebastabiilsusel, toimudes algul niiskuse ja temperatuuri toimel ja jätkudes hiljem oligomeersete piimhappeestrite mikrobioloogilise lagunemisega. Materjal on seega komposteeritav.

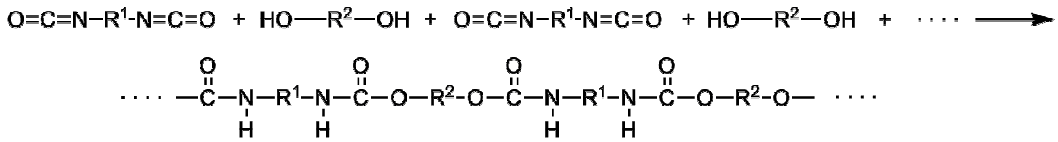
Enamik kandvaid tehnoloogilisi PLA patente omandati 90-ndatel Cargill Corporation ja Dow Chemical Company ühisettevõtte poolt. Praeguseks on Dow loobunud ja kõik õigused on Cargilli tütarettevõtte NatureWorks LLC käes. Teised suuremad kompaniid, kes praeguseks veel PLA-ga tegelevad on Toray Industries Inc. Jaapanis, Hycail Madalmaades, Galactic Belgias. Suurimad ettevõtted PLA tootmiseks on välisinvesteeringutel põhinevat tehased

Hiinas ja Tais. Loobujate, või siis likvideerunud ettevõtete nimekiri on märksa pikem. Maailma suurim piimhappe tootja Purac deklareerib küll oma piimhappe kasutamist plasti tegemiseks teiste ettevõtete poolt, kuid kompanii ise distantseerub sellest.

PLA-d kasutatakse peamiselt optikas, elektroonikas, elitaarsele tarbijale mõeldud nišši-toodetes ja pappmaterjalide lamineerimisel. PLA kasutamine implantaatide ja lagundatava ravimkandjate materjalina ei leidnud katsetustel heakskiitu.

Polüuretaanid (PU)

Polüuretaanide omadused on väga laialt moduleeritavad. Materjale on vahtudest duro-plastideni. Osaline bioplast saaks PU-st kui üks monomeeridest, polüool, teha rasvhapetest. Traditsiooniline toore on olnud riitsinusõli. Teised taimeõlid vajavad polüooli tekitamiseks epoksüdeerimist ja järgnevat ringi avamist. Polümeer segatakse tihti täitekiuga, näiteks lina ja kanepikiud. Eurotoetuste toel on uuritud (Inglimaal) PU sünteesi ja omadusi lähtudes rapsiõlist. Raporti kohaselt olid tulemused head.



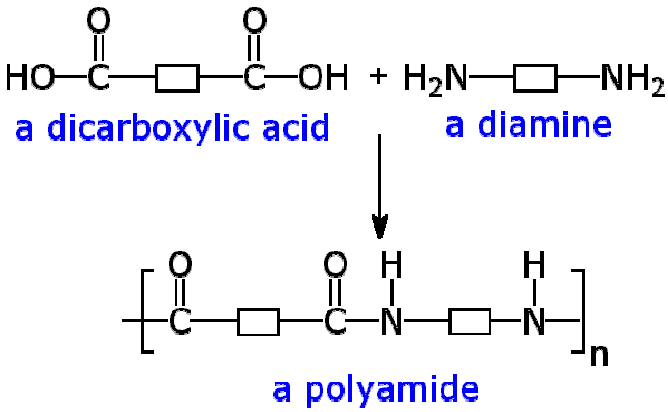
Joonis 7.8. PU sünteesi üldskeem

Puhtakujuliselt rapsiõlist tuletatud PU bioplastide rakendusi ei paista turul olema.

Epoksüdeeritud rasvhapped on võimalik ko-polümeriseerida ka bioestritega. Sellise võimaluse sätestab näiteks USA patenditaotlus *20060252901*. Pressiteate alusel on Novamonti uued biopolümeerid samuti tärklise kopolümerisatsiooniprodukt epoksüdeeritud rasvhapetega.

Polüamiidid (PA)

Kuulsaim esindaja osalise bioplastina on PA11. (nimetatud ka Nylon11).



Joonis 7.9. PA sünteesi üldskeem

Põhimõte on sarnane PU sünteesile, diamiin oleks sünteetiline, dikarboksüülhape tehakse taimeõlist. Konkreetselt PA11 toormeks on taas seesama riitsinusõli. Teiste õlide kasutamine oleks sarnane PU puhul käsitletavaga.

PA11, kaubandusliku nimega Rilsan, on oma silmapaistva mehhaanilise tugevuse, keemilise resistentsuse ja temperatuurikindluse tõttu kasutuses peamiselt autotööstuses. Materjal on loomulikult bio-lagunematu.

7.2.4. Bioplastide trendid

Euroopa Liidus on bioplastide teema tänu mitmete valijagruppide otsestele ja kaudsetele huvidele olnud väga aktuaalne. Üks selline huvigrupp on alati olnud ka põllumajandusringkond. Bioplastid olid juba kümmekond aastat tagasi ühe nn *non-food* rakendusena uurimistoetuste saajate esirinnas. Antud trend on jätkuv. IPTS on muuhulgas koostanud ka bioplastide arenguprognoose lähikümnenditel. Ka pessimistlikuks tõlgendatud stsenaarium pakub bioplastide tootmisele mitmekordset tõusu koos nende hinna tunduva langemisega. Huvitav on siinkohal märkida, et hoolimata sellest tulenevast tärklise üha suuremast suunamisest mitte-toidu sektorisse, vastavate toormete hinnad ei pidanuks selle stsenaariumi kohaselt üldse tõusma. Nagu sellistel puhkudel ikka, kuigi kõnealused EU-stsenaariumid on napilt poolteise aasta vanused, on need juba anakronistlikud. Nisu maailmahind on aastaga tõusnud kahekordseks ja on paaril viimasel nädalal olnud umbes 4500 kr/t. (Euronext.liffe).

Bioplastide kasutamise trend teadusmahukates rakendustes kasutatavate materjalidena on jätkuv. Selline areng ei ole plahvatuslik, kuid see-eest jätkusuutlik.

Olmeplastide tootmise sektoris ilmnevad huvitavad tendentsid. Vastavas turunduskõnepruugis toimub mõistete transformeerumine ja biolagunevaid plaste püütakse esitada kui bioplaste. Kuna sünteetilised biolagunevad plastid on keskeltläbi odavamad, siis juurutatakse uusi segusid ja kopolümeere kus bioloogilise toorme osakaal väheneb. (näiteks PLGA v. PLA). Liikumisel lõpptoote suunas, iga komponentide kokkusegamise etapis, väheneb see osakaal veelgi. Toimub ka tootmise konsolideerumine. Väikesed tegijad kaovad.

Mitmed vanad lahendused (tselluloosi derivaadid) koguvad taas populaarsust. Nüüd juba mitte iseseisvate materjalidena, vaid teiste bioplastide (osaliste) asendajatena komposiitsetes segudes.

Kõiki bioplastide alaseid uuringuid mida rahastatakse avalikest fondidest saadavad superlatiivsed lubadused ja PR-müra. Loodav oskusteave rändab kiiresti käest kätte, kuni jõuab suurfirmadeni. Suurfirmad viivad tootmise lähemale odavale toormele – arengumaadesse. Seega ei teeni nende projektide rahastamine enam nende rahastamisotsuste eest seisjate huve – ei edenda kohalikku maaelu ega tööstust ning ei loo ka uusi töökohti.

7.2.5. Bioplastide tootmise perspektiivid Eestis

Kuigi valmis-tehnoloogiaid omavaid suurfirmasid on mitmeid, ei saa Eesti neid võimaliku tootmisbaasinasina ilmselt huvitada, sest toore ja tööjõud on kallim kui olemasolevates tootmistes arengumaades. Seega võõrad firmad ei tuleks. Lihtsalt oskusteabe sisseostmine ei tasuks ära.

Omamaised originaalsed juurutamisküpsed lahendused puuduvad. Kuskil vast tiksub veel euro- ja kodumaiste (ESTAG) toetuste najal Hr. V. Kolbakovi (Nordbiochem) „PLA-projekt”, kuid ilmselt on kõigil poliitilistel jõududel viimane aeg selle toetamisest distantseeruda, ennem kui sellest saab uus ja vägevam „Viru Ramm”.

Mingi bioplasti kodumaine väljatöötamine oleks õigustatud kui:

- Võimaldab põllumajandustoorme komplekssemat ärakasutamist. Toormeks kasutatakse mingit spetsiifilist ja paratamatult tekkivat tehnoloogilist fraktsiooni. Bioplast on seega suurema äriplaani osa

- Orienteerutakse materjali väljatöötamisele, mis on piisavalt spetsiifiliste omadustega sisenemaks mõnda nõudlikumasse turusektorisse. (nt biotehnoloogia ja meditsiin)

Selliste võimalike projektide hulka kuuluksid näiteks m-scl PHA polümeeride tootmine rasvhapetest (nn happeõli fraktsioon Weroli õlitootmisel). Neist samadest rasvhapetest võiks toota ka PU-plaste või komposiite. Või siis kitiinitootmine putukatest. Alles embrüonaalsete lahenduste läbitöötamine võtab aga aastaid aega. Pealegi puudub meil efektiivne innovatsioonisüsteem – ESTAG-l puudub kõigi nende aastate kohta ükski arvestatav edulugu.

7.3. Kasutatud allikad

1. http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=1343 Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe, IPTC technical report, European commission December 2005.
2. www2.defra.gov.uk/science/project_data/DocumentLibrary/NF0513/NF0513_1515_FRP.doc, Vegetable oils as polymer feedstocks: Chemical modification, materials formulation and economics, Final project Report.
3. Narayan; Ramani, et al., Starch-vegetable oil graft copolymers and their biofiber composites, and a process for their manufacture, US20060252901.

8. BIOMASSI ENERGIA KASUTAMISE EDENDAMISE KORRALDUS JA MEETMED EESTIS

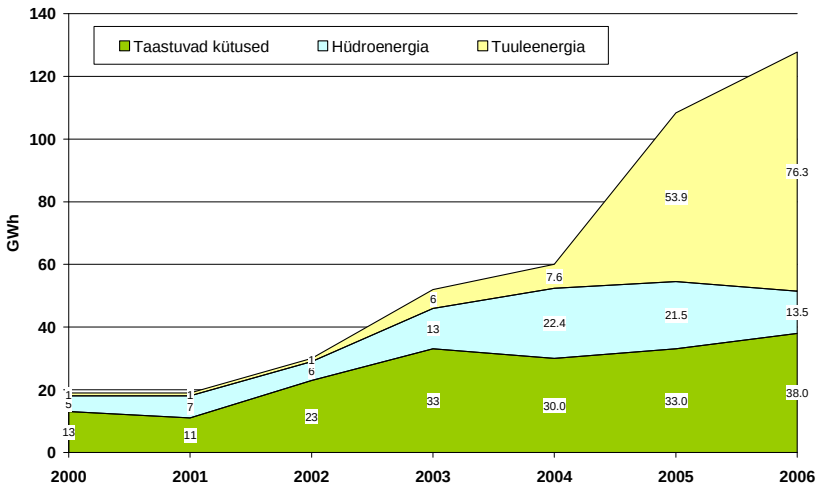
8.1. Senised meetmed Eestis

Biomassis sisalduva energia tootmise ja kasutamise edendamiseks Eestis on seni võetud riiklikke meetmeid väga vähesel määral. Seni kasutatud meetmeid võib jaotada järgnevalt:

- tootmise/käidu otsene toetamine;
- kaudne toetus maksustamise kaudu:
    - maksusoodustused,
    - KHG /fossiilkütuste põletamisest tekkiva saaste maksustamine;
- toetused investeeringutele.

Eestis suhteliselt pikka aega jõus olevaks toetuseks on riigi poolt elektrivõrguettevõtetele pandud kohustus osta kindlaks määratud hinnaga ära taastuvatest energiaressurssidest toodetud elekter. Selline ostukohustus viidi sisse 1998. aastal tollase energiaseadusega. Kui energiaseadus 2003. aastal kehtivuse kaotas, viidi taastuvatest energiaallikatest toodetud elektri toetamise kohustus sisse elektrituruseadusesse, mis jõustus 1. juulil 2003. a. Nimetatud ostukohustus kehtib ka praegusel ajal olles seega pikima kestusega soodustus taastuvate energiaressursside kasutamisele. Siiski on kümme aastat kehtiva soodustuse põhimõtteid muudetud kolmel korral. Põhiliselt puudutasid muudatused võrguettevõtete poolt kohustuslikult ostetava elektrienergia hinda (ostutariifi), mida on järk-järgult tõstetud. Elektrituruseaduse viimase parandusega, mis hakkas kehtima 1. maist 2007. a, anti soodustuse saajale võimalus valida ostukohustuse ja toetuse vahel ning võimaldatakse samu soodustusi ka elektrienergia eest, mis on toodetud kasutades tõhusat koostootmist.

Taastuvallikatest toodetud elektri koguste muutumise (vt Joonis 8.1) analüüs näitab, soodustuste mõju võib täheldada tuuleenergia kasutamisel, mis perioodil 2000 kuni 2006 on kasvanud 1 GWh-lt 76,3 GWh-ni (0,78% Eesti elektritoodangust (bruto)).



Joonis 8.1. Elektri tootmine taastuvallikatest Eestis aastatel 2000–2006

Samal ajal on biomassi kasutamise osas mõju olnud väga tagasihoidlik – puitu elektri tootmiseks Eestis peaaegu ei kasutata. Ainsaks erandiks on tselluloositööstuses tekkiva puidupõhise musta leelise kasutamine elektri tootmiseks, kuid siinjuures tuleb märkida, et kuni viimase ajani seejuures elektrituruseadusest tulenevaid soodustusi ei ole kasutatud. Bioloogilise päritoluga kütuste kasutamisel elektri tootmiseks võib esile tuua ainult

prügilagaasi, kui biogaasi ühe liigi, kasutamist. Statistikaamet peab biogaasist elektri tootmise arvestust alates 2003. aastast. 2005. aastaks oli biogaasist toodetud elektri kogus kasvanud ligi 2,5 korda, jäädes siiski marginaalseks – 14,3 MWh, moodustades vaid 0,14% elektri kogu-toodangust Eestis.

Elektritootmist puudutavate soodustuste osas tuleb negatiivselt märkida asjaolu, et kohustuslikult ostetava elektrienergia eest makstavat hinda ja ka selle määramise põhimõtteid on muudetud kümneaastase perioodi jooksul kolmel korral. Võib väita, et selline praktika rikub õiguspärase ootuse printsiipi ja ei anna potentsiaalsetele investoritele piisavalt selget kindlust äriplaanide tegemiseks. Mitmel korral on muudetud ka soodustuste kehtivusperioodi pikkust: energiaseaduse kohaselt ei olnud perioodi pikkus määratud ajaliselt, vaid oli viidud sõltuvusse aasta jooksul ostukohustusega müüdud elektrienergia üldkogusest Eestis: kui see ületanuks 2% eelmisel aastal Eestis kasulikult tarbitud elektrienergia kogusest, siis oli ette nähtud toetuse määra vähendamine. Elektrituruseaduses nähti algul ette taastuvallika liigist sõltuv soodustuse periood – biomassi jaoks oli see 7 aastat, kuid mitte kauem kui 2015. aasta 31. detsembrini. Praeguse redaktsiooni kohaselt võib toetust või ostukohustusega kaasnevat hinda maksta tootmise alustamisest alates 12 aasta jooksul. Seejuures enne 2002. aasta 1. jaanuari tööd alustanud tootmisseadmega taastuvast energiaallikast toodetud elektrienergia korral kehtivad soodustused kuni 2012. aasta 31. detsembrini.

Riigikogu kinnitas 2007. a veebruaris vahetult enne Riigikogu valimisi kõik taastuvenergia ostuhinnad ja toetused 34 s/kWh võrra valitsuse pakutust kõrgemal tasemel[13]. Seega tõstis Riigikogu taastuvatest energiaallikatest toodetud elektri kokkuostuhinda valitsuse pakutud 81 sendilt 115 sendile (42% võrra) ja tõhusa koostootmise käigus toodetud elektrienergia hinda 47 sendilt 81 sendile (72%). Toetused tõusid vastavalt 84 sendile (68%) ja 50 sendile (212%).

Biomassi kasutamisega seonduvalt tähendas see Riigikogu otsus elektrituruseaduse muudatuste osas soodsamaid majandustulemusi puiduhaket kasutavate koostootmisjaamade (SEJ) omanikele. Siinjuures tuleb märkida kiiret arengut selles valdkonnas – ehitamisel on kaks suurt SEJ: Luunja vallas (Tartumaa) Fortum Tartu AS poolt ja Väos Tallinnas OÜ Digismart poolt, mis mõlemad peaksid valmima 2008. aastal. Hiljuti tehti AS Kohtla-Järve Soojus poolt põhimõtteline otsus rajada Ahtmesse uus SEJ, mis on kavas käiku anda 2010. a. Kõik nimetatud jaamad hakkavad kasutama nii puiduhaket kui ka turvast. Ligikaudsete hinnangute kohaselt vajaksid need kolm jaama puiduhakke kasutamise korral ligikaudu 2 mln m^3 haket aastas[14]. Selline lisakogus suurtarbijate poolt vajatavat puiduhaket tekitaks tõenäoliselt puiduturul suuri muudatusi. Võib hinnata, et probleeme tekib väiketarbijatel (põhiliselt väiksemad katlamajad), kellel muutub konkureerimine suurte hakkekoguste ostjatega raskeks. Kavandamisel on veel teisi, väiksemaid projekte bioloogilise päritoluga ressurssidest energia tootmiseks, näiteks EKSEKO ja Eesti Energia AS ühisprojektina SEJ, mis kasutaks energiaallikana looma- ja linnusõnnikut, tapamajade jäätmeid ning toidu-ainetööstuse ja põllumajanduse jääkprodukte. Esialgseid eeluuringuid on teostatud ka Horizon Tselluloosi ja Paberi AS ja Eesti Energia AS ühistöös uue puidujäätmeid kasutava SEJ rajamiseks Kehras, samuti Eesti Energia AS poolt puidu ja põlevkivi koospõletamiseks Narva elektrijaamades.

[13] Taastuvenergia toetuste tõstmise menetlust uurinud õiguskantsler A. Jõks asus seisukohale, et Riigikogu ei järginud põhiseadusest tulenevat õigusriigi põhimõtet ja hea õigusloome tava, kuna ei põhjendanud kokkuostuhindade ja toetuste tõstmise otsust. Õiguskantsler viitab ka majandusministri kirjale, milles on märgitud, et Riigikogu kehtestatud hinnad on ülepakutud. Siiski, taastuvenergia kokkuostuhindade ja toetuste suuruse kohta ta seisukohta ei võtnud.

[14] Võrdluseks võib tuua ESA andmed 2006. a tarbimise kohta: puiduhaket kasutati 1,44 mln m^3 ja puidujäätmeid 2,03 mln m^3.

Seoses elektrituruseaduses sätestatud taastuvressursside edendamismeetmetega tuleb teha üks üldisem märkusseoses biomassi defineerimisega Eesti õigusaktides. Elektrituruseaduses (§ 57) on biomass taastuvate energiaallikate hulgas määratletud ainult kui põllumajanduse ja metsanduse ning nendega seonduva tööstuse toodete, jäätmete ja jääkide bioloogiliselt lagunev osa ning tööstus- ja olmejäätmete bioloogiliselt lagunevad komponendid. See definitsioon on vastavuses nn taastuvelektri direktiiviga (2003/54/EÜ) ja seda kasutatakse laialdaselt ELs. Siiski tuleks kaaluda sellise määratluse laiendamist, lisades biomassi alla ka looduslikult kasvava biomassi.

Biokütuste kasutamist soojuse ja elektri tootmisel saab teatud määral soodustada maksustades ettevõtjaid lähtudes nende poolt kasutatud kütuste põletamise keskkonnamõjust, konkreetselt õhku eralduva süsinikdioksiidi (CO_2) kogusest. Kuna tulenevalt süsiniku looduslikust ringlusest keskkonnas ei arvestata bioloogilist päritolu kütuste põletamisel eralduvat CO_2 kogust keskkonda saastavaks heitmeks, siis ei tule selle eest saastetasu maksta. Vastavalt keskkonnatasude seadusele (§ 19)[15] maksab CO_2 välisõhku heitmise eest saastetasu soojuse tootja vastavalt soojuse tootmisel välisõhku eraldunud CO_2 kogusele, kuid see nõue ei laiene biomassile elektrituruseaduse tähenduses ega turba või sellest valmistatud kütuse põletamisele selle turba sisalduse ulatuses ning jäätmete energiakasutusele.

Kaudse toetusena käsitletavatest maksusoodustustest on Eestis kasutatud käibemaksu-soodustust füüsilisele isikule isiklikuks tarbeks müüdava küttepuidu osas: kuni 30. juunini 2000. a oli soodustatud määr 0% (tavamäära 18% asemel), seejärel kuni 30. juunini 2007. a kehtis soodusmäär 5%. Alates 1. juulist 2007. a vastav soodustus kaotati ja kodutarbijate poolt kasutatav küttepuit on maksustatud käibemaksu täismääraga – 18%. Teadaolevalt pole nimetatud soodustuse mõju elanikkonna puidu tarbimisele analüüsitud. Hinnanguliselt võib oletada, et teatud mõju maksusoodustusel oli, kuid reeglina pole küttepuitu kasutavatel kodutarbijatel kütuse osas palju alternatiivseid võimalusi[16]. Seega võis nimetatud soodustust vaadelda peamiselt teatud sotsiaalse toetusena.

Bioloogilise päritoluga kütuste tootmist ja kasutamist rohkem mõjutavaks maksusoodustuseks on aktsiisivabastus biokütustele. Energiamaksustamise direktiivi (2003/96/EÜ) jõustumisega 1. jaanuaril 2004. a loodi Euroopa Liidus alus biokütuse kasutamise soodustamiseks läbi aktsiisivähenduse või -vabastuse. Eestis nähti ette võimalus biokütuse aktsiisist vabastamiseks alkoholi-, tubaka- ja kütuseaktsiisi seaduse[17] (ATKAS) muudatusega, mis hakkas kehtima 1. jaanuarist 2005. a. Kuna biokütuse aktsiisist vabastamine on käsitletav riigiabina, pidi Eesti biokütusele aktsiisivabastuse kohaldamiseks taotlema Euroopa Komisjoni nõusolekut. 27. juulil 2005. a Euroopa Komisjoni poolt tehtud otsuse kohaselt on Eestil õigus kohaldada biokütusele aktsiisivabastust maksimaalselt kuni aastani 2011. Komisjoni otsuse kohaselt on Eestil õigus täielikult aktsiisist vabastada biodiislikütus (vastavalt kombineeritud nomenklatuurile: 1507 – 1518), biomassist valmistatud taimeõlid (3824 90 55 ja 3824 90 80 – 3824 90 99) ning põllumajandustoodetest või taimset päritolu toodetest valmistatud bioetanool (2207 20 00 ja 2905 11 00). Kui biokütus on segatud fossiilse kütusega, siis kohaldatakse aktsiisivabastust üksnes segus oleva biokütuse osa suhtes. Rahandus-ministeeriumil on tulenevalt biokütuse riigiabi andja rollist kohustus igal aastal esitada Euroopa Komisjonile seirearuandeid biokütuse riigiabi kohaldamise kohta. Tulenevalt riigiabi reeglitest tuleb vältida ülemäärase riigiabi andmist. Seega peab Rahandusministeerium suutma Euroopa Komisjonile tõendada, et biokütuse käitlejatele antav riigiabi biokütuse

[15] Säte hakkab kehtima alates 1. jaanuarist 2008. a

[16] Samasugune soodustus kehtis ka füüsilisele isikule isiklikuks tarbeks müüdava kütteturba, briketi ja kivisöe kohta

[17] Alates 1. jaanuarist 2008. a alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadus

aktsiisivabastuse näol ei ületa biokütuse käitlejate täiendavaid tootmiskulusid biokütuse tootmiseks võrreldes fossiilsete naftast valmistatud kütustega.

Biokütuste suhtes rakendatud aktsiisivabastuse mõju analüüsimiseks on soodustuse periood liialt lühike. Statistikaameti poolt koostatavas energiabilansis vedelaid biokütuseid veel ei kajastata. Teatud ülevaadet on siiski võimalik saada tänu alkoholi-, tubaka- ja kütuseaktsiisi seaduse nõudele, mille kohaselt on ettevõtja, kes toodab biokütust, toimetab seda Eestisse või lubab tarbimisse, kohustatud saama Maksu- ja Tolliametilt biokütuse loa. Maksu- ja Tolliameti andmed biokütuste tootmise ja tarbimisse andmise kohta 2005. ja 2006. aastal on esitatud Tabel 8.1.

Tabel 8.1. Biokütuste tootmine ja tarbimisse andmine Eestis aastatel 2005 ja 2006

	2005	**2006**
Lubade arv (seisuga 31. detsember)	4	11
Biokütuste toodang, t	786	4908
Tarbimisse antud biokütuseid, t	170	1169

Vedelate biokütuste, konkreetselt biodiislikütuse, tootmise Eestis arendamise analüüs näitab teatud tagasitõmbumist[18]. Mõned väiksemad tootjad on tootmise isegi peatanud (nt OÜ Gammatrade, OÜ A&O BioD, OÜ BioOil jt), nimetades peamise põhjusena fossiil- ja biodiislikütuste liiga väikest hinnavahet. Mitmed kavandatud plaanid biodiisli tehaste rajamiseks on külmutatud. Samas pandi Paldiskis 2007. a juunis nurgakivi Eesti suurimale biodiisli tehasele, mis peaks kavade kohaselt hakkama tootma umbes 100 000 tonni biokütust aastas. Toorõlina kavatsetakse kasutada rapsi-, soja-, päevalille- või palmiõli. Seejuures kavatsetakse toorainet osta nii palju kui võimalik Eestist, siiski tuleb hinnanguliselt ligi kolmveerand toorõlist importida. Toodangust plaanitakse umbes 80% eksportida. Tuleb märkida, et sellise suurusega tehase käivitumine pingestab olukorda Eesti sisesel tooraine-turul.

Eraldi tuleb vaadelda biokütuste kasutamiseks tehtud investeeringute toetamist. Kahjuks on sellised toetused olnud ebaregulaarsed, osaliselt isegi juhusliku iseloomuga, sest on puudunud ühtne süsteem toetuste andmiseks. Sellise olukorra peamiseks põhjuseks võib lugeda riigipoolse rahastamise süsteemi puudumist. Investeeringutoetused on olnud projektipõhised ja neid on antud mitmesugustest allikatest. Tegemist on olnud põhiliselt kaugküttekatlamajade üleviimisega importkütuselt kohalikule kütusele, milleks on olnud peamiselt puiduhake, kuid ka turvas, mida ei klassifitseerita taastuvaks energiaressursiks. Importkütuste tarbimise vähendamine oli Eesti esimese energiasäästuprogrammi (kinnitati Vabariigi Valitsuse poolt 24. juulil 1992. a) põhiline eesmärk. Kuna katlamajadesse paigaldatud uued kodumaist kütust kasutavad seadmed tagasid tavaliselt ka soojuse tootmise kõrgema efektiivsuse, siis ühitati ka edaspidi energiasäästuprogrammide eesmärke puidu laialdasema kasutuselevõtuga. Riik on andnud ka rahvusvahelistelt finantsorganisatsioonidelt (Maailmapank, EBRD) võetud laenudele garantiisid, kuid suurem osa rahastamisest tuli välisabi raames (EL PHARE ja SAVE programm, Taani, Soome, Rootsi, Norra, USA abi). Lisaks investeeringutoetustele oli välisabis oluline osa ka vastava oskusteabe vahendamisel Eestisse.

[18] Artiklid pressis, nt: Biodiislikütuse tootjad on varjusurmas. BNS. 19. september 2007.
Eesti biokütusetehased on tootmise peatanud ja hurraa-vaimustus jahtunud. EPL Ärileht. 27. juuni 2007.

EL ühisrakendusprojektid (*joint implementation*) Eestis on seni olnud samuti taastuvate energiaallikate kasutuselevõtmisega seonduvad. Valdavalt on sellest allikast edendatud tuuleenergia kasutamise projekte. Siiski on mõned projektid seotud ka biomassi rakendamisega: Paide, Tamsalu ja Kadrina väikekatlamajad, samuti Saaremaa loomsete jäätmete käitlemise tehas.

Pärast liitumist ELga on Eestil olnud võimalus kasutada nn struktuuritoetusi[19], sealhulgas ka biokütuste kasutamiseks tehtud investeeringute toetamiseks. Maaelu arenguga seotult on võimalus samuti kasutada EL vahendeid[20]. Tulenevalt mitmetest teguritest on aga energeetika ja bioressursside kasutamise laiendamine olnud EL toetuste rakendamisel Eestis suhteliselt madala prioriteediga valdkonnad. Tuleb märkida, et viimase aasta jooksul on selles osas toimunud positiivseid muutusi. Nimetatud valdkonnale on pööratud teatud määral suuremat tähelepanu *Eesti maaelu arengukavas (aastateks 2007 – 2013)*, spetsiaalselt selle valdkonna arendamist käsitletakse *Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukavas aastateks 2007 – 2013*, mis kinnitati Vabariigi Valitsuse poolt 25. jaanuaril 2007. a. Konkreetsete meetmete mõju analüüsida saab kõige varem paari aasta pärast.

Kokkuvõte/järeldused seniste meetmete tulemustest

Bioloogiliste energiaressursside kasutamist soojuse ja elektri tootmisel on senistest meetmetest kõige tõhusamalt edendanud ühekordsed välisabi raames saadud investeeringutoetused, eriti need, millega kaasnes ka oskusteabe levitamine ja konsultatsioonid vastava ala spetsialistidelt välisriikidest. Elektrituruseadusega võimaldatavad soodustusega ostuhinnad ja alates 1. maist 2007. a ka toetused on seni toonud juurde põhiliselt tuuleenergiast elektri tootjaid.

Vedelate biokütuste tootmise ja kasutamise edendamiseks võimaldatud biokütuste aktsiisivabastuse mõju on seni olnud tagasihoidlik, kuid on siiski üksikuid märke teatud elavnemisest selles valdkonnas.

Siinjuures tuleb märkida, et üldise ettevõtlust puudutava majandusliku meetmena on Eestis juba aastaid kasutusel ettevõtte reinvesteeritud kasumi tulumaksuvabastus, mis peaks soodustama investeeringuid uude tehnoloogiasse, s.h ka bioenergia tootmise ja kasutamise valdkonnas.

Märkusena üldise tausta kohta tuleb mainida, et biokütuste tarbimise edendamise osas seatud eesmärkide saavutamine sõltub muu hulgas ka energiakasutuse üldise efektiivsuse arengust Eestis, kuna nii indikatiivsete eesmärkide (taastuvelekter 5,1%; biokütused transpordis 5,75% aastaks 2010) kui ka poliitilise eesmärgi primaarenergia osas (EL: 20–25% aastaks 2020; Eesti: 13–15% aastaks 2010) täidetust arvutatakse lähtudes summaarsest tarbimisest. Seega, mida väiksem on kogu energiatarbimine, seda väiksem on ka eesmärgi täitmiseks vajalik bioenergia kogus.

8.2. Uued toetusmeetmed ja riigiabi

Üldpõhimõtteks peaks olema kohustuste ja toetuste/soodustuste kombineeritud kasutamine. Uute toetusmeetmete kavandamisel tuleb tingimata arvestada sellega, et ei rikutaks vaba ja moonutusteta konkurentsi põhimõtteid, mis on Euroopa Ühenduste üheks põhieesmärgiks. Sellega seoses tuleb järgida EL riigiabi reegleid. Alates astumisest Euroopa Liitu kuulub

[19] struktuuritoetus on rahaline abi, mida antakse nõukogu määruse (EÜ) nr 1083/2006 artiklis 1 nimetatud struktuurifondide ja Ühtekuuluvusfondi vahenditest või Eesti riigi poolt nende vahendite kasutamise kaasrahastamiseks sihtotstarbeliselt eraldatavatest täiendavatest vahenditest

[20] Nõukogu määrus (EÜ) nr 1698/2005, 20. september 2005, Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfondist (EAFRD) antavate maaelu arengu toetuste kohta

Eestis osutatava riigiabi valdkond EL ainupädevusse. Seega kohaldub EL riigiabialane regulatsioon Eestile otse ja riigiabi andmise luba tuleb taotleda Euroopa Komisjonilt, kes teostab ka järelevalvet riigiabi osas.

Kuna biokütustega seotud toetused loetakse valdavalt kuuluvaks keskkonnakaitseliste meetmete hulka, siis tuleb juhinduda vastavate suuniste (*guidelines*)[21] sätetest. Kuna nimetatud suunised kehtivad 31. detsembrini 2007. a, on siinjuures lühidalt refereeritud ka Euroopa Komisjoni konkurentsi peadirektoraadi poolt koostatud uute suuniste esialgse eelnõu töödokumenti[22]. Rõhutakse, et tänu tehnoloogilistele arengutele taastuvenergia valdkonnas ja keskkonna välismõjude tootja kuludes kajastumise järkjärgulisele suurenemisele on taastuvenergia ja tavapärase energia hinnavahe viimaste aastate jooksul vähenenud ning see on vähendanud ka abi vajadust.

Meetmete kavandamisel on oluline arvesse võtta, et keskkonnaalane investeerimisabi ja/või tegevusabi, mille eesmärk on soodustada energia tootmist taastuvatest allikatest, on ühisturuga kokkusobiv EÜ asutamislepingu artikli 87 lõike 3 punkti c alusel juhul, kui täidetud on teatud tingimused (vt Tabel 8.2).

Tingimused **investeerimisabi** korral:

- Abi osatähtsus ei tohi olla kõrgem kui 60% abikõlblikest investeerimiskuludest. Biomassi puhul ei tohi abi osatähtsus olla rohkem kui 50%.
- Kui investeerimisabi taastuvate energiaallikate kasutamiseks antakse VKEdele, võib abi osatähtsust suurendada 10 protsendipunkti võrra keskmise suurusega ettevõtjate puhul ja 20 protsendipunkti võrra väikeettevõtjate puhul vastavalt järgmisele tabelile.

Tabel 8.2. Riigiabi maksimaalne lubatud osatähtsus investeerimisabi korral

	Biomassi korral antava abi osatähtsus	**Teiste taastuvallikate kasutamiseks antava abi osatähtsus**
Väikeettevõtted	70%	80%
Kesksuured ettevõtted	60%	70%
Suurettevõtted	50%	60%

Tegevusabi andmiseks nähakse ette järgmised võimalused:

- Liikmesriigid võivad anda tegevusabi selleks, et hüvitada vahe taastuvenergia tootmiskulude ja turuhinna vahel.
- Liikmesriigid võivad anda taastuvate energiaallikate kasutamiseks abi turumehhanismide kasutamisega, nagu näiteks roheliste sertifikaatide süsteemi või pakkumismenetluste kaudu.

Uute suuniste esialgses eelnõus rõhutatakse eraldi, et erinevalt muudest taastuvatest energiaallikatest nõuab biomass suhteliselt väiksemaid investeerimiskulusid, kuid tegevuskulud on sel juhul suuremad. Seetõttu võib komisjon lubada tegevusabi andmist, mille suurus ületab investeeringute suuruse, kui liikmesriigid tõendavad, et ettevõtja kogukulud pärast jaama amortisatsiooni mahaarvamist on suuremad kui energia turuhind.

[21] Ühenduse suunised keskkonnakaitsele antava riigiabi kohta

[22] Keskkonnakaitseks antavat riigiabi käsitlevad Ühenduse suunised. Töödokument. Esialgne eelnõu. (Seisuga 5. oktoober 2007. a).

Keskkonnaalase riigiabi suunistes sätestatakse, et suuniseid kohaldatakse abi suhtes, mis antakse keskkonnakaitse toetuseks kõigis EÜ asutamislepingu kohaldamisalasse kuuluvates sektorites, seejuures ka nende sektorite puhul, kus kehtivad riigiabi käsitlevad ühenduse erieeskirjad, (s.h ka põllumajandus) kui selliste erieeskirjadega ei ole sätestatud teisiti. Põllumajandussektoris kohaldatakse kõnealuseid suuniseid keskkonnakaitseks antava abi suhtes, mis antakse ettevõtjatele, kes töötlevad ja turustavad põllumajandussaadusi. Põllumajanduse esmatootmises kohaldatakse käesolevaid suuniseid ainult meetmetele, mille suhtes ei kehti ühenduse põllumajandus- ja metsandussektori riigiabi suunised (2007–2013)[23].

Kasulik on arvestada, et riigiabiga seotud piirangutest on võimalik teha erandit juhul kui on tegemist suhteliselt väikese toetusega, s.t ühele ettevõttele antava abi kogusumma ei ületa kolme eelarveaasta jooksul 200 000 eurot (3 129 320 krooni). Sel juhul on tegemist nn vähese tähtsusega (*de minimis*) abiga[24]. Seda ülemmäära kohaldatakse abi vormist või eesmärgist olenemata. Seejuures vähese tähtsuse reegel ei piira ettevõtte võimalust saada samaks meetmeks riigiabi, mille on heaks kiitnud komisjon või mis on hõlmatud grupierandi-määrusega.

Kui teatud tegevuse toetamise otstarbekuse hindamisel tuleb arvesse võtta paljude tegurite hulgas ka elutsükli erinevaid aspekte, siis investeeringu tegemisel tuleks tasuvuse hindamisel kindlasti analüüsida, kas antud ressursi (tooraine) elutsükli majandusnäitajate ahelas mingi lüli puhul on tegemist toetustega. Kui ahelas esinevad toetused, siis peab riskianalüüs sisaldama ka toetuste lõpetamise arvestamist.

8.3. Lühiülevaade biomassi energeetilise kasutamise edendamise võimalikest meetmetest ja kaalutlusi nende kasutuselevõtuks Eestis

Biomassi kasvatamist ja jätkusuutlikku kasutamist edendavate meetmete kavandamisele peaks eelnema biomassi kasutamise prioriteetide määratlemine. Selliste prioriteetide määratlemine võiks lähtuda näiteks järgmistest kasutusotstarvetest:

- (inim-)toit;
- (looma-)sööt;
- toormaterjal (s.h ehitusmaterjal);
- energia (soojus, elekter, kütused, eristades esimese ja teise põlvkonna biokütuste tootmist).

Tuleb arvestada sellega, et toetus energiakultuuride kasvatamiseks võib rikkuda vaba konkurentsi energia- ja toidu- ning söödakultuuride kasvatamise vahel, mille üheks tulemuseks on toiduainete hindade tõus, kuid samas ka nende nappus. Märke sellisest tendentsist on mitmetest riikidest. Nimetatud seisukoha viimase aja kõige kõrgematasemelise ja samas ka resoluutsema väljendusena võib nimetada ÜRO eriraportööri Jean Ziegleri ettekannet ÜRO Peaassambleele 22. augustist 2007. a, milles väidetakse, et biokütuste kasutamise laiendamine suurendab toitainete defitsiiti, tõstab nende hinda ja põhjustab süvenevat näljahäda arengumaades. Ettekande järeldustes kutsutakse maailma riike üles kehtestama viieaastast moratooriumi kõigile projektidele, milles biokütuste tootmiseks kasutatakse toorainet, mida saaks kasutada toiduks.

[23] Ühenduse suunised riigiabi kohta põllumajandus- ja metsandussektoris aastateks 2007 – 2013.
[24] Tuleb juhinduda Komisjoni määrusest (EÜ) nr. 1998/2006, milles käsitletakse asutamislepingu artiklite 87 ja 88 kohaldamist vähese tähtsusega abi suhtes, samuti Konkurentsiseaduses (§ 33) sätestatust

Eelnevalt refereeritud küllaltki äärmusliku seisukoha põhjal võib teha erinevaid järeldusi, kuid siinjuures rõhutame vajadust toetada esmajärjekorras teise põlvkonna biokütuste tootmise alaseid uuringuid ja seejärel nende kasutamise parima võimaliku tehnoloogia kasutuselevõttu, esmalt muidugi pilootseadmetes.

Biokütuste **tooraine kasvatamise ja tootmise** osas tuleks esmalt kaaluda vastava regionaalse infrastruktuuri loomise toetamist, nt tehniliste seadmete ühiskasutuse või vastavate teenuste pakkumise tekke soodustamist.

Soodustavate meetmete kasutuselevõtule peab kindalasti eelnema mitmekülgne analüüs, mis ei tohiks piirduda ainult otseste finantskulude ja -tulude võrdlemisega, vaid peaks sisaldama toetusobjekti kogu elutsükli analüüsi. Selline analüüs peaks hõlmama nii energeetilist koondbilanssi kui ka keskkonnamõju aspekte. Muidugi on vaja meetmete kavandamisel lähtuda mõjust regionaalsele arengule, s.h eriti tööhõivele. Konkreetsete meetmete kasutuselevõtul tuleb arvesse võtta toetuse objekti kogu keskkonda, näiteks ei anna soovitud tulemusi teatud vedela biokütuse tarbimist soodustav või seda kohustav meede kui puudub logistiline infrastruktuur vastava kütuse tarnimiseks või pole kehtestatud biokütuste kvaliteedinõudeid või ei aktsepteeri autotootjad ja -teenindajad biokütuste kasutamist jms. Seega tuleb kaaluda meetmete rakendamise järjekorda või teha soodustusi kompleksselt. Viimane variant eeldab suuremate rahaliste vahendite kasutamist.

Ettevaatlik peaks olema bioloogilise päritoluga jäätmete kasutamise toetamisega, et mitte rikkuda jäätmete tekke vähendamiseks ja nende taaskasutamiseks võetud meetmete mõju.

Biokütuste **kasutamise** toetamisel on otstarbekas arvestada tarbijagruppide iseärasusi. Arvesse võttes ka tarbimise mahtu võiks eristada järgmisi tarbijagruppe:

- kodutarbijad;
- ettevõtlus (seejuures eritähelepanu põllumajandusele);
- kaugküte.

Käesoleva uuringus on biomassi energeetilise kasutamise edendamise võimalikke meetmeid käsitletud kahes osas:

- biokütuste kasutamine soojuse ja elektri tootmiseks (tahked ja gaasilised biokütused);
- biokütuste kasutamine mootorikütustena (vedelad ja gaasilised biokütused).

Tuleb märkida, et põletamine soojuse tootmiseks on kõige suurema kasuteguriga biomassi kasutusala, s.t väikseimate summaarsete energiakadudega protsess, kui võrrelda kõiki võimalusi biomassi energeetiliseks kasutamiseks.

Biokütuste ulatuslikuma kasutamise saavutamiseks statsionaarsetes seadmetes on tõenäoliselt otstarbekas jätkata tegevusabi, mis on sätestatud elektrituruseaduses ja millega soodustatakse taastuvallikate kasutamist nii eraldi elektri tootmisel kui ka elektri ja soojuse koostootmisel. Biokütuste kasutuselevõttu soojuse tootmisel tuleks soodustada juhul, kui seda tehakse kaugküttekatlamajades. Soodustusi oleks otstarbekas teha vastavate investeeringute toetamise kujul, sest tegevusabi teel toetamise süsteemi haldamise ja kontrolli kulud oleks tõenäoliselt liiga suured.

Rahandusministeeriumis on koostamisel Vabariigi Valitsuse maksustrateegia, mille üheks osaks on ökoloogiline maksureform. Sellise reformi keskseks eesmärgiks on nihutada üldist maksukoormust otsese majandusliku tulu maksustamiselt loodusvarade kasutamise ja keskkonna saastamise maksustamisele. Nimetatud põhimõte haakub hästi biokütuste ulatuslikuma kasutamisega, muidugi juhul kui seda tehakse keskkonnahoidu arvestavalt. Reformi üheks väljenduseks on keskkonnatasude seaduse muudatusega fikseeritud saastetasude järk-järguline tõstmine lähiaastatel. Biokütuste kasutamist paiksetes põletusseadmetes soodustab kaudselt süsinikdioksiidi (CO_2) saastetasu määra tõstmine, mis

praeguse seisuga on fikseeritud keskkonnatasude seaduses järgmiselt: 2007. a – 15,65; 2008. a – 23,50 ja 2009. a – 31,30 krooni tonni CO_2 kohta. Teiselt poolt on CO_2 saastetasu summaarne mõju vähenemas kuna alates 1. jaanuarist 2008. a ei maksa elektritootjad enam nimetatud saastetasu. Selle asemel maksavad elektrimüüjad (s.t reeglina võrguettevõtjad) alates samast ajast elektriaktsiisi. Riigile laekuvate maksude summas selle uuenduse tõttu olulist muutust ei ole kavandatud, seda vähemalt esialgu. Samas on tegemist põhimõttelise muudatusega, mille tulemusel maksustatakse Eestis sisetarbimiseks müüdud elekter ühetaoliselt, s.t sõltumata kasutatud energiaallikast, seega arvestamata ka viimase keskkonnamõju!

Transpordis kasutatavate biokütuste tarbimist soodustava meetmena on otstarbekas jätkata nende aktsiisivabastust, seda vähemalt EK poolt riigiabi jaoks maksimaalselt lubatud perioodil, s.o aastani 2011. See on meede, mis soodustab ka biokütuste tootmist. Tootmise alustamiseks ja/või laiendamiseks investeeringutoetuse andmist võiks kaaluda kui kasutatakse kohalikku (Eesti päritoluga) toorainet. Normaalne oleks, et biokütuste transpordis kasutamise edendamise esmaseks eelduseks on vähemalt kogu EL ulatuses kehtestatud ühtsed nõuded nii biokütustele kui neid kütuseid kasutavatele sõidukitele.

Siinjuures tuleb rõhutada, et biokütuse maksustamine toimub analoogselt vedela põlevaine maksustamisega alates biokütuse riigiabi loa kehtivuse lõppemisest, mis praeguse seisuga toimub hiljemalt 28. juulil 2011. a.

Biokütuse kasutamine transpordis eeldab vastava infrastruktuuri olemasolu. Teiste riikide praktikas on laialt levinud kütuse jaemüüjatele pandud kohustus hoida pidevalt müügil biokütuseid. Järgmise sammu astumine – läbimüügi kohustusliku koguse kehtestamine – on keerulisem ja sõltub põhiliselt tarbijate valmisolekust, mis omakorda on tingitud paljudest teguritest, nt ühelt poolt toetusmeetmetest ja teiselt poolt sõidukite sobivusest biokütuste kasutamiseks, mis on aktsepteeritud autohooldajate poolt jpm. Kindlasti tuleks autode sobivust biokütuste kasutamiseks testida ELs tsentraalselt, seejuures iga automark mootoritüübiti ja koostöös autotootjatega. Tulemused koos autotootjate ja -hooldajate aktseptiga tuleks avalikustada laiapõhjaliselt.

Biokütuste kasutamise propageerimisele transpordis aitaks oma eeskujuga kindlasti oluliselt kaasa nende kasutuselevõtt avalikus sektoris, nt valitsuse ja ministeeriumide ning politsei autodes. Kaalumist vääriks biokütuste kasutamise muutmine kohustuslikuks ühistranspordis – bussides, variandina ka rongides, näiteks ka taksodes. Seejuures oleks tõenäoliselt vajalikud ka toetused vastavate sõidukite (või mootorite) ostmiseks ja tanklate kohandamiseks, kui seda pole tehtud eraldi vastava üldise infrastruktuuri meetmega.

Paralleelselt biokütuste tarnimiseks infrastruktuuri loomisega tuleks kavandada meetmeid mootorsõidukite kasutajatele toetamaks biokütuste tarbimist. Järgnevalt esitatud toetusmeetmete loetelus on osa kohalike omavalitsuste, osa üldriiklikus pädevuses:

- biokütusel töötava sõiduki (s.h FFV (*flexible fuel vehicle*) ostu võiks toetada, nt maksusoodustusega);
- biokütust kasutavate sõidukite jaoks alandada parkimistasu või rakendada selle vabastus;
- anda eeliseid linnaliikluses, nt südalinna sissesõidu lubamine või selle tasu alandamine;
- omavalitsustes, kus kehtestatakse automaks, tuleks biokütust kasutavad sõidukid maksustada madalama määraga;
- kompenseerida biokütuste kasutamisest tulenevad lisakulud nende kasutajatele.

Meetmeid puudutava üldise momendina tuleb rõhutada vajadust järgida stabiilsuse põhimõtet, s.t mitte muuta meetmeid ega nendega seonduvat nt igal aastal. Ebastabiilsus meetmete osas ei anna võimalikele investoritele kindlust ja investeering võib jääda tegemata.

Biomassiga seotud **väliskaubanduse** küsimused vajavad kindlasti täpsemat käsitlemist ja analüüse. Seni on Eestis biomassi kütuste osas valdavaks ekspordiartikliks puidupelletid ja -briketid, mille väljavedu on viimastel aastatel kiiresti kasvanud. 2006. aastal eksporditi neid 256 tuh tonni (4337 TJ), mis on rohkem kui neid sel aastal toodeti – 102,8% toodangust, 92,8% ressursist (toodang koos aasta alguse varuga). Energiasisalduse baasil tehtud võrdlus näitab, et eksporditud biomassis sisalduv energia moodustas üle viiendiku (21,4%) samal aastal Eestis tarbitud puitkütuste koguenergiast.

Biomassi eksporti tuleks analüüsida ka keskkonnahoiu ja kliimamuutuste aspektist. Kui kogu eksporditud biomass oleks kasutatud fossiilsete kütuste asemel Eestis, siis oleks välditud ligikaudu 330–620 tuhande tonni (sõltuvalt asendatavast kütusest) süsinikdioksiidi paiskamine atmosfääri. Praeguse praktika kohaselt läheb selline välditud heitmekogus arvesse välisriikides KHG emissiooni vähendamisena. Mitmed Eesti ettevõtted peavad aga KHG kaubanduse uuel perioodil heitmekvoote juurde ostma.

Vedelate biokütuste tootmise korral mõjub väliskaubandusbilansile negatiivselt tooraine massiline import. Lisaks võib kaasneda negatiivne mõju Eesti põllumajandusele, seda juhul kui hinnast tulenevalt veetakse sisse biomassi, mida saaks kasvatada piisavas mahus ka Eestis.

Rahandusministeeriumi tellimisel analüüsiti 2006. aastal TTÜ elektroenergeetika instituudi poolt[25], millised on energiakandjate maksustamise fiskaalsed- ja keskkonnamõjud maksustamise erinevate arengustsenaariumide korral. Uuringus jõuti järeldusele, et keskkonnatasud ja aktsiisimaksud omavad keskkonnaalastele eesmärkidele vaadeldud stsenaariumide korral nõrka positiivset mõju. Aktsiisimaksude mõju osas näitas uuring, et soojuse tootmise tehnoloogia valikut kasutatavate kütuste ja elektrienergia maksustamine olulisel määral ei mõjuta, siiski suureneks kõrgete aktsiisimaksude korral mõnevõrra turba osakaal. Kõrgete keskkonnatasude korral suureneks taastuvate energiaallikate ja maagaasi osakaal energiabilansis.

Uuringus tehakse modelleerimise tulemustest tulenev järeldus, et taastuvate energiaallikate laialdasema kasutamise soodustamiseks oleks efektiivne eelkõige mitmesuguste toetusskeemide rakendamine – sel juhul oleks ka mõju elektri hinnale väiksem kui kõrgete maksude korral[26]. Majanduslikust ning varustuskindluse seisukohast optimaalseima lahenduse annaks minimaalsed võimalikud aktsiisimaksud ja keskkonnatasud kombinatsioonis toetusmeetmetega taastuvatest energiaallikatest elektri tootmisele ning toetusskeemid elektri ja soojuse koostootmisele.

Kokkuvõtlikult näitas modelleerimine, et taastuvate energiaallikate osakaal tõuseb kõigi stsenaariumide korral 20%-ni kogu primaarenergia tarbimisest aastal 2030. Maksustamise aspektist sõltub taastuvkütuste kasutuselevõtu tõusu tempo eelkõige keskkonnatasude tõstmise kiirusest. Keskkonnatasude kiire kasvu stsenaariumi puhul tõuseks taastuvate energiaallikate osakaal primaarenergias ca 18%-ni juba aastal 2020.

Transpordis kasutatavate biokütuste osatähtsuse suurendamise võimalike meetmete osas on hiljuti samuti teostatud uuring[27], milles pakuti välja vastavaid meetmeid ja anti esialgne hinnang nende võimalikule mõjule.

[25] Energiatoodete maksustamise uuring. TTÜ elektroenergeetika instituut. 2006.
[26] Nimetatud seisukoht on elektriaktsiisi kehtestamise tõttu osaliselt aegunud
[27] Transpordis kasutatavas kütuses biokütuse osatähtsuse suurendamiseks vajalikud meetmed, nende maksumus ja mõju kütuseturule. Rakendusuuring. HeiVäl OÜ. Tallinn. 2007.

Kokkuvõtlikult tuleb märkida, et pakkumaks välja igakülgselt põhjendatud meetmete kava biokütuste kasutamise edendamiseks on kindlasti vaja kompleksset analüüsi, mis hõlmaks mitmeid sidusvaldkondi, nt alates põllumajandusest, agrotehnikast, bioressursside elutsüklist kuni energiapoliitika, fiskaalmeetmete ja väliskaubandusbilansini.

Eeldusi selliseks lähenemiseks loob *Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013*[28], seda juhul kui kavandatud meetmed leiavad tegelikku rahastamist. Vajaliku kompetentsi olemasolu Eestis on esile toodud ja vastav tulevikuvisioon taastuvate energiaallikate kasutamise laiendamise osas esitatud ka Eesti energiatehnoloogiate arendusstrateegias[29], mis valmis 2007. a juulis. Seejuures hinnatakse vastava arengu-programmi rahastamise vajadust 7 mln eurole (110 mln krooni).

Loodetavalt saavad paljud biokütuste soodustamise ja toetamise probleemid oluliselt selgemaks käesoleva uuringu valmimisel. Nende tulemuste põhjal peaks saama anda täpsemaid hinnanguid võimalike meetmete otstarbekuse kohta Eesti oludes ja seejärel kavandada konkreetseid meetmeid.

Kindlasti tuleb edaspidi rohkem ressursse suunata biokütuste tootmist ja kasutamist ning nende mõju käsitlevate uurimis- ja arendustööde rahastamisele.

8.4. Kasutatud materjalid

1. Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2003/54/EÜ, mis käsitleb elektrienergia siseturu ühiseeskirju.
2. Keskkonnakaitseks antavat riigiabi käsitlevad Ühenduse suunised. Töödokument. Esialgne eelnõu. (Seisuga 5. oktoober 2007. a).
3. Komisjoni määrus (EÜ) nr. 1998/2006, 15. detsember 2006, milles käsitletakse asutamislepingu artiklite 87 ja 88 kohaldamist vähese tähtsusega abi suhtes.
4. Nõukogu direktiiv 2003/96/EÜ, 27. oktoober 2003, millega korraldatakse ümber energiatoodete ja elektrienergia maksustamise ühenduse raamistik.
5. Nõukogu määrus (EÜ) nr 1698/2005, 20. september 2005, Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfondist (EAFRD) antavate maaelu arengu toetuste kohta.
6. Nõukogu määrus (EÜ) nr 1083/2006, 11. juuli 2006, millega nähakse ette üldsätted Euroopa Regionaalarengu Fondi, Euroopa Sotsiaalfondi ja Ühtekuuluvusfondi kohta.
7. Ühenduse suunised keskkonnakaitsele antava riigiabi kohta (2001/C 37/03).
8. Ühenduse suunised riigiabi kohta põllumajandus- ja metsandussektoris aastateks 2007–2013. (2006/C 319/01).
9. Alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadus.
10. Elektrituruseadus.
11. Keskkonnatasude seadus.

[28] Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013. Vabariigi Valitsuse poolt heaks kiidetud 25.01.2007.

[29] Estonian development strategy of energy related technologies. Ministry of Economic Affairs and Communications. SWOT Consulting, HeiVäl Consulting. 2007.

12. Konkurentsiseadus.
13. Käibemaksuseadus.
14. Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007–2013. Vabariigi Valitsuse poolt heaks kiidetud 25.01.2007. 52 lk + lisad 11 lk.
15. Eesti maaelu arengukava 2007–2013. Vabariigi Valitsuse poolt heaks kiidetud 12.02.2007. 363 lk + lisad 22 lk.
16. Energiatoodete maksustamise uuring. Rahandusministeeriumi tellimus. TTÜ elektroenergeetika instituut. Tallinn. 2006. 43 lk.
17. Estonian development strategy of energy related technologies. Ministry of Economic Affairs and Communications. SWOT Consulting, HeiVäl Consulting. 2007. 105 p.
18. Transpordis kasutatavas kütuses biokütuse osatähtsuse suurendamiseks vajalikud meetmed, nende maksumus ja mõju kütuseturule. Rakendusuuring. HeiVäl OÜ. Tallinn. 2007. 37 lk + lisad 21 lk.