



Maatalouden biomassat bio- kaasulaitoksessa

Opas biomassojen ominaisuuksista syötteenä ja lannoitteena.

Sisällysluettelo

1. Maatalouden biomassat kuivämädätystekniikalla biokaasulaitosten raaka-aineena	1
Lanta	1
Peltomassat	2
Biokaasulaitos on ravinnetukku ja jatkojalostaja	3
Kuivämädätys sopii peltobiomassoille	4
2. Kuvaus pilottikohteesta: Metsäsairilan alueelle perustettava biojalostamo	5
3. Maatalouden biomassojen käytön kannattavuus	7
Maatalousyrittäjän näkökulma	7
Biologiset hyödyt alueen elintarviketuotannolle	8
Kannattavuus maatalousyrittäjän näkökulmasta	10
Maatalouden biomassojen (lanta/peltomassat) käytön kannattavuus biokaasulaitoksessa	11
4. Mädätteen peltokäytön mahdollisuudet	14
Ravinteet ovat rahaa	14
5. Biopolttoaineiden käytön mahdollisuudet maatalouskäytössä	18
6. Tomivat logistiikkavaihtoehdot biomassojen käsittelyyn	19
Korjuuketjut	19
Korjuuajankohdat	20
7. Yhteenveto biomassojen hyödyntämisestä kuivämädätystekniikalla toimivassa biokaasulaitoksessa	21
8. Lähteet	23

Maarit Kari, ProAgria Keskusten Liitto
Pekka Häkkinen, ProAgria Etelä-Savo

Kansikuva Maarit Kari

1.

Maatalouden biomassat kuivämädätystekniikalla toimivien biokaasulaitosten raaka-aineena

Maatalouden biomassat ovat ihanteellisia biokaasulaitoksen syötteitä, sillä niistä voidaan turvallisesti hyödyntää sekä energia että mädätysjäätös. Rehukin soveltuva peltobiomassa on tasalaatuisempaa, valvotumpaa ja puhtaampaa kuin ihmisravinto, eikä lannan tai peltobiomassan joukkoon joudu vierasaineita ihmisen piittaamattomuuden seurauksena. Peltobiomassojen tuotannossa voi hyödyntää biologista typensidontaa ja kierrätysravinteita. Peltobiomassojen tuotanto parantaa ruoantuotannon edellytyksiä tarjoamalla markkinoita viljelykiertoa rikastaville tuotantokasveille.

LANTA

Biokaasun tuotannolla on pitkä historia osana jäteveden puhdistamolietteen käsittelyä. Lietteen suuren vesipitoisuuden vuoksi märkämädätys on vakiintunut tekniikka niiden käsittelyssä. Koska liete syntyy sen käsittelypaikalla, suuri veden osuus ei nosta logistisia kustannuksia ennen biokaasulaitosta.

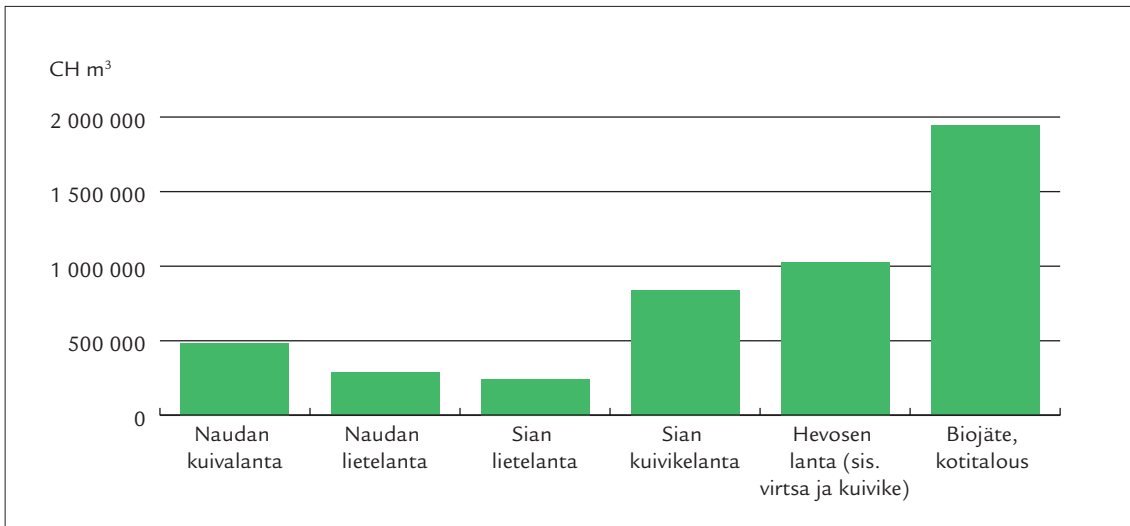
Eläinten lanta on puhdistamolietteen tyyppinen syöte, mutta se on tasalaatuisempaa ja vapaampaa vierasaineista kuin yhdyskuntien sivuvirrat. Biokaasun raaka-aineena sen käyttöä kuitenkin

rajoittavat logistiset kustannukset. Kuivämädätystekniikka keventää tuotettuun kaasumäärään suhteutettuja kuljetuskustannuksia ja kasvattaa energiopotentiaaliltaan parempien syötteiden järkevää hankintaetäisyyttä. Silti lannan taloudellinen hankintasäde on pienempi kuin peltobiomassojen.

Erilaisten syötteiden taloudellisuuteen vaikuttavat mm. synty- ja käyttöpaikka, laitoksen koko, hinta ja tekniikka, syötteen saatavuus ja olomuoto, itse prosessi ja syötteen hinta. Esimerkiksi naudan lietelannan kaasuntuotto ($\text{m}^3/\text{tn VS} = \text{volatile solids eli haihtuva kuiva-aine}$) on heikompi sian lannan, mutta käytännössä ero kompensoituu korkeamman kuiva-ainepitoisuuden ansiosta. Yhden lehmäpaiman tuotto on jo yli kymmenkertainen lihasikaan verrattuna. Hevonen tuottaa lantaa vähemmän kuin lehmä, mutta yhden hevosen lannassa kuivikeineen on siihen soveltuvalle tekniikalla enemmän biokaasupotentiaalia kuin yhden lehmän vuotuisessa lantamäärässä. Luken selvityksen (1) mukaan yhden henkilön yhteenlaskettu ruoka- ja biojätteen määrä vuodessa on 44 kg ja sen energiopotentiaali on reilusti vähemmän kuin yhden lihasikapaikan lantamäärässä, mutta yksi tonni biojätettä tuottaa enemmän energiaa kuin vastaava määrä lantaa.

Taulukko 1. Esimerkkejä eläinten lannan biokaasupotentiaalista ($\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{tn VS}$) 20 000 tn syötemäärällä. Lisäksi 20 000 tn massan vaatima eläinpaikkaluku, biokaasuntuotannon potentiaali per eläinpaikka kaasukuutiolina ja MWh:a. VS=volatile solids eli haihtuva orgaaninen aine, CH_4 =metaani.

Syöte	ka-%	$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{tn VS}$	Yhteensä $\text{CH}_4 \text{ m}^3$	Eläinpaikkoja, ihmisiä	$\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{eläinpaikka}$	MWh/eläinpaikka
Naudan kuivalanta	21	150	485 100	1 644	295	3,0
Naudan lietelanta	9	200	288 000	784	367	3,7
Sian lietelanta	5	300	243 000	8 333	29	0,3
Sian kuivikelanta	27	200	842 400	10 256	82	0,8
Hevosen lanta (sis. virtsa ja kuivike)	33	200	1 029 600	2 307	446	4,5
Biojäte, kotitalous	27	400	1 944 000	454 545	4	0,04



Kuva 1. 20 000 tuoretonnin biokaasupotentiaali erilaisilla syötteillä.

PELTBIOMASSAT

Peltobiomassat ovat kiinnostavia biokaasulaitoksen syötteitä lantaa paremman kaasuntuotantopotentiaalin ansiosta. Niille tyypillinen kuiva-ainepitoisuus soveltuu hyvin kuivamädätykseen. Suomessa on noin neljännesmiljoona hehtaaria kesantoja ja luonnonhoitopeltoja, joista kesantoja noin 64 000 hehtaaria (3). Tästä alasta osa soveltuu biomassan korjuuseen ja merkittävää osaa koskee niittovelvoite.

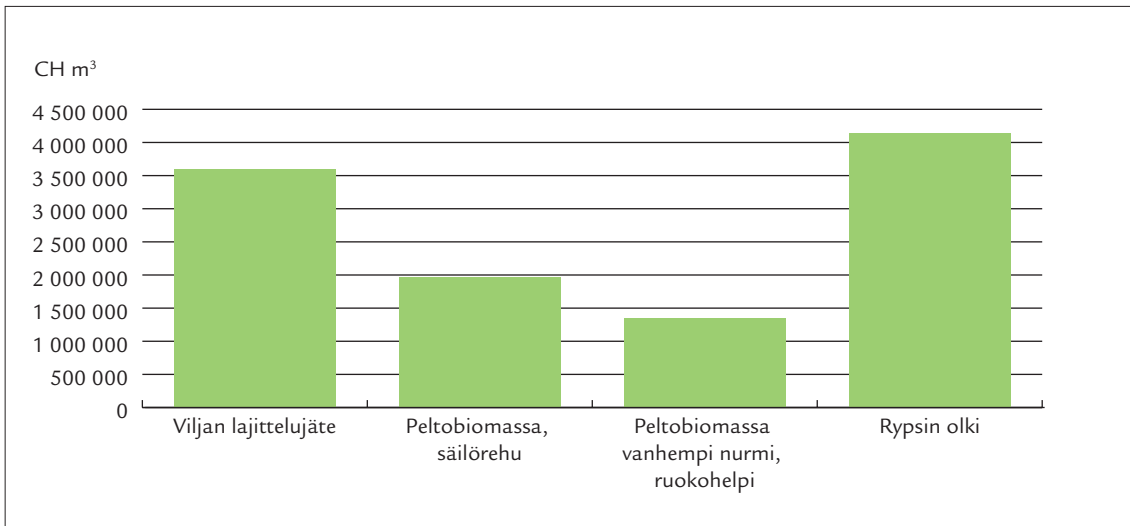
Luken tutkimuksessa (4), missä selvitettiin koealoilta ja käytännön hoidettujen viljelemättömien peltojen (HVP pellot) biokaasupotentiaalia, saatiin koealoilta 4,6–5,6 tn ka/ha ja käytännön viljelmiltä keskimäärin lähes 5 tn ka/ha satoja. Viljanviljelyvaltaisilla alueilla, missä nurmirehulle ei ole luontaisia markkinoita, on tarvetta viljelykierron monipuolistamiseen ja peltojen hiilitalouden kohentamiseen. Kuivamädätykseen soveltuvat hyvin myös viljan rypsin olki tai lajite-erotteet viljan kunnostuksesta.

Peltobiomassojen yhdistäminen biokaasuprosessissa lantaperäisiin jakeisiin vähentää fosforin ja lisää typen suhteellista pitoisuutta mädätteessä. Tästä on hyötyä erityisesti luomutuotannossa, missä tyyppi on eniten satoa rajoittava ravinne myös kotieläintiloilla. Apilapitoisilla kesantonurmilla vihermassan korjaaminen edistää typensidontaa, kun kasvustoa ei jätetä helpoksi typen lähteeksi.

Peltobiomassojen taloudellinen haaste biokaasun raaka-aineena muodostuu korjuun ja logistiikan kustannuksista ja itse syötemateriaalin hinnasta. Myös kesanto- ja tuotantonurmien käyttämillä ravinteilla on arvo. Ravinteiden palauttaminen peltoon esimerkiksi nurmen perustamisen yhteydessä on tarpeen, mutta jokaisen sadon lannoittaminen muodostuu helposti liian kalliiksi toimenpiteeksi. Osa viljelijöistä katsoo massan arvon kompensoituvan sillä, että ulkopuolinen toimija korjaa sadon maksutta ja suorittaa siten viljelijää velvoittavan hoitotoimenpiteen.

Taulukko 2. Esimerkkejä peltobiomassojen biokaasupotentiaalista (CH₄ m³/tn VS) 20 000 tn syötemäärällä. Lisäksi 20 000 tn massan vaatima ha-määrä, biokaasupotentiaali ja energiapotentiaali hehtaaria kohden kaasukuutiaina ja MWh:a. VS=volatile solids eli haihtuva orgaaninen aine, CH₄=metaani.

Syöte	ka-%	CH ₄ m ³ /tn VS	Yhteensä CH ₄ m ³	ha	m ³ CH ₄ /ha	MWh/ha
Viljan lajittelujäte	87	230	3 601 800	50 000	72	0,7
Peltobiomassa, säilörehu	31	350	1 974 700	1 000	1 975	19,7
Peltobiomassa vanhempi nurmi, ruokohelpi	30	250	1 350 000	1 176	1 148	11,5
Rypsin olki	90	250	4 140 000	10 000	414	4,1



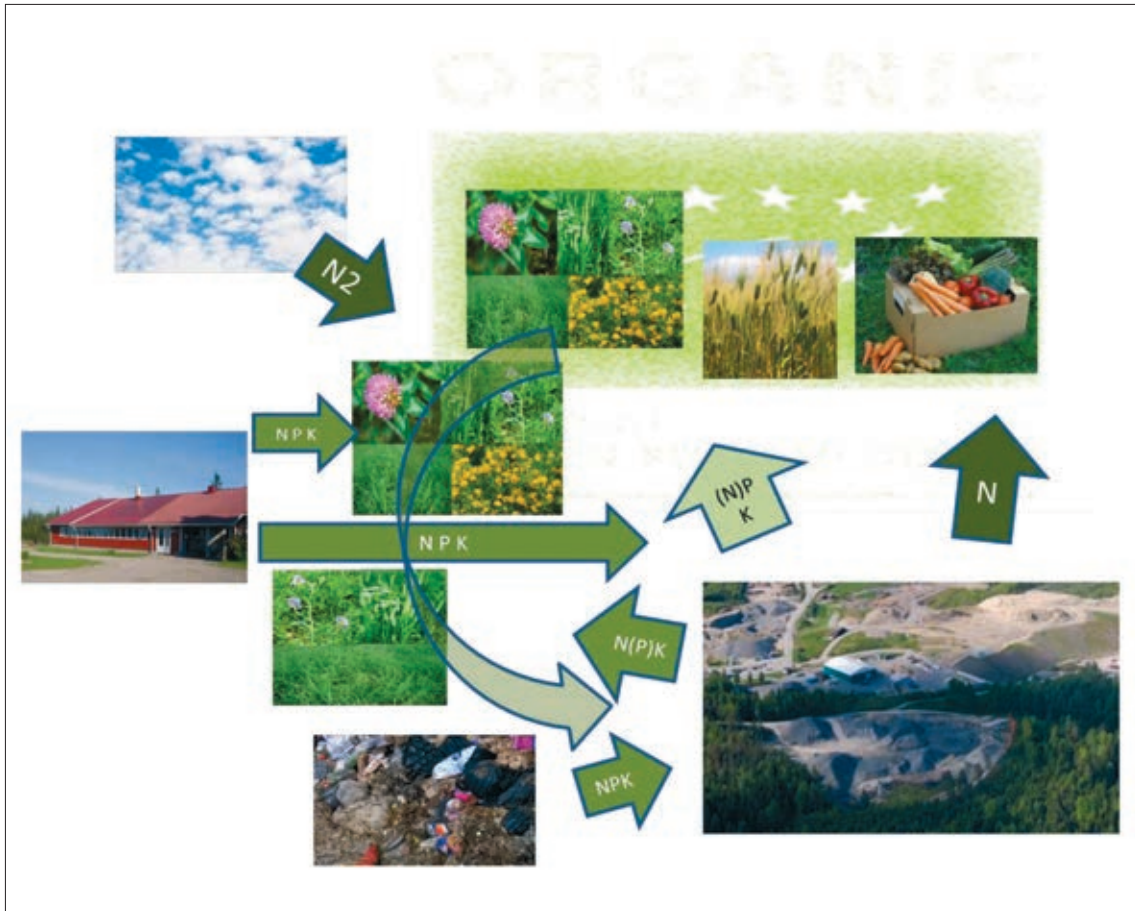
Kuva 2. 20 000 tuoretonnin biokaasupotentiaali erilaisilla peltobiomassoilla.

BIOKAASULAITOS ON RAVINNETUKKU JA JATKOJALOSTAJA

Lannan arvo on enemmän kuin pää- ja hivenravinteiden summa. Se lisää peltomaahan orgaanista ainesta, mikrobitoiminnan aktiivisuutta ja lannoitusvaikutuksen kestoa. Myös kasviomassoilla on samoja vaikutuksia. Paras hyöty näistä muodostuu kuitenkin pelloilla, joille on aikaisemmin käytetty vain vähän lantaa, joilla on yksipuolinen viljelykierto tai missä viherlannoitusvuodet rajoittavat markkinoitavien kasvien tuotantoa kuten luomuviljelyssä. Käytännössä lannan kiinnostavuutta rajoittavat myös viljelyhygieeniset seikat kuten mahdollinen rikkakasvikontaminaatio, vaarallisista kasvin tuhoajista kuten hukkakaurasta puhumattakaan. Taajamien läheisyydessä myös hajuhaitat rajoittavat lannan vastaanottamista, vaikka sitä olisi tarjolla kohtuullisella etäisyydellä.

Lannan ja kasvimassan käyttäminen biokaasulaitoksessa palauttaa ravinteet viljelykäyttöön hygieenisempänä, tasalaatuisempänä ja helppo-

liukoisempana kuin alkuperäiset syötteen. Kasviomassan lisääminen myös korjaa lannalle tyypillistä fosforirikasta ravinnekoostumusta käyttökelpoisempaan suuntaan. Biokaasuprosessi mahdollistaa myös muiden yhdyskunnan materiaalivirtojen kuten biojätteen ja puhdistamolietteen ravinteiden ohjaamisen niiden alkuperäisille lähteille. Puhdistamolietteen käyttö rajaa kuitenkin mädätteen hyödyntämisen luomutuotannon ulkopuolelle. Peltobiomassojen ja lannan sekä muiden ravinnepitoisten syötteen yhdistäminen ja biokaasutus ratkaisevat siten monta rajoitetta, jotka käytettäviin syötteisiin liittyisivät sellaisenaan ja mahdollistavat ravinnehyödyn niiden syntypaikan ulkopuolella ja erityisesti siellä, missä eloperäisestä lannoitteesta ja maanparannusaineesta on eniten pulaa.



Kuvio: Maarit Keri

Kuva 3. Maatalousbiomassojen ja biojätteen käyttö biokaasulaitoksessa mahdollistaa ravinteiden uudelleen sijoittamisen sinne, missä niille on suurin tarve. Isossa yksikössä myös erityyppisten jakeiden erottelu on taloudellisempaa ja viljelyyn voidaan toimittaa ravinnekoostumukseltaan, tasalaatuisuudeltaan ja hygieenisyydeltään parempaa tuotetta kuin sen alkuperä on.

KUIVAMÄDÄTYS SOPII PELTOBIOMASSOILLE

Kuivamädätystekniikka mahdollistaa aikaisempaa pidemmän taloudellisen kuljetusmatkan syönteille, sillä yhdessä tonnissa kuivalantaa tai nurmimassaa on enemmän energiaa ja vähemmän vettä kuin lietteissä. Merkitys korostuu, kun massaa joudutaan kuljettamaan kahteen suuntaan. Nestejakeita voi erotella ja esimerkiksi väkevöidä, mutta kaikki

”lisätoiminnot” laitoksella aiheuttavat kustannuksia sekä työnä että investointina. Kuivamädätyksessäkin mädätysjäännös on melko vesipitoista, ellei nestettä eroteta jo prosessin aikana. Nestejakeen erottelu biokaasulaitoksella on kuitenkin kustannustehokkaampaa kuin hajautetusti.

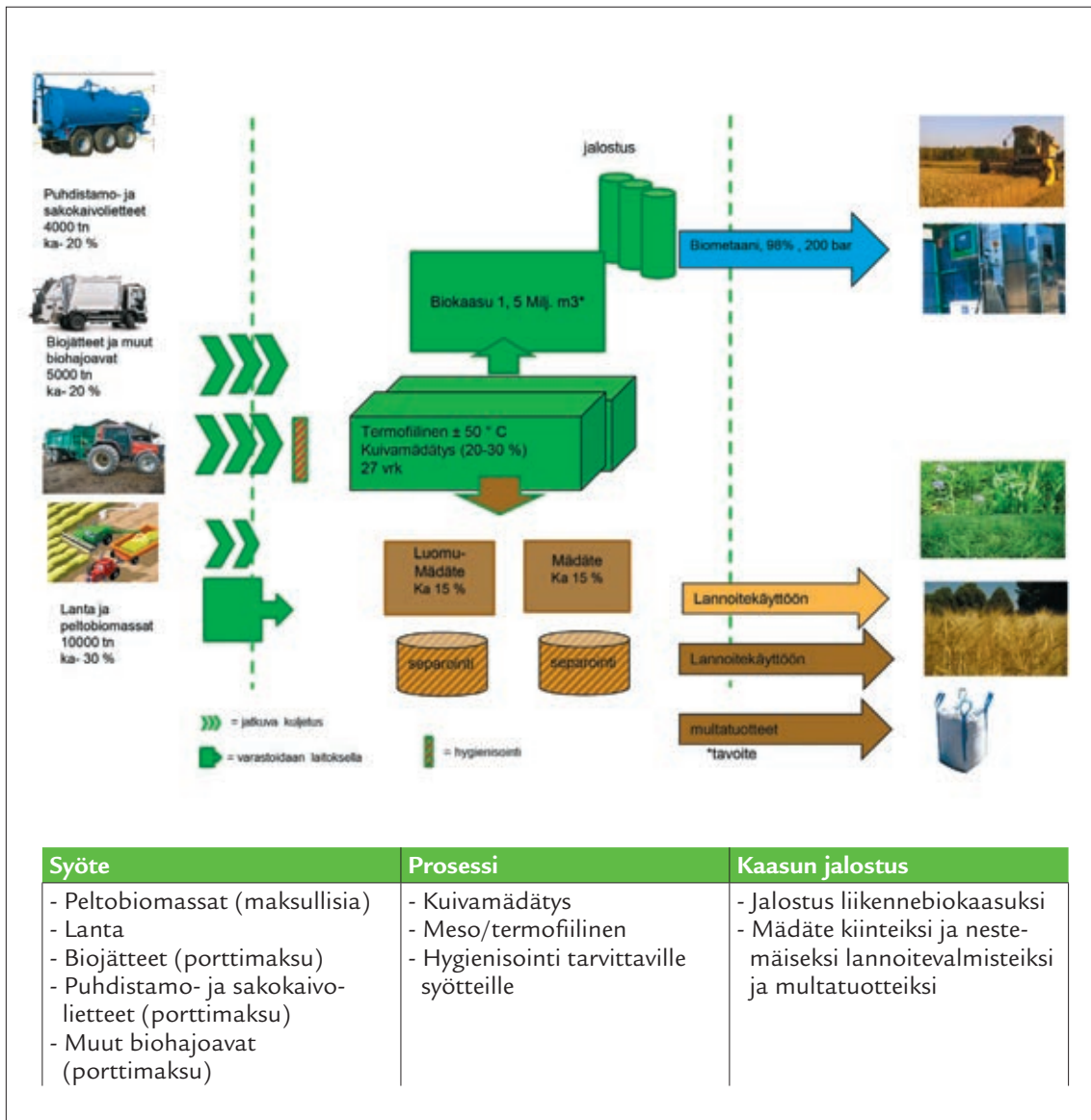
2.

Kuvaus pilottikohteesta: Metsäsairilan alueelle perustettava biojalostamo

Metsäsairila Oy suunnittelee tämän selvitystyön yhteydessä maatalouden biomassoja hyödyntävää biokaasulaitosta. Suunnitteilla on käyttää syötteenä peltobiomassoja, lantaa, biojätteitä, puhdistamo- ja sakokaivolietteitä.

Tavoitteena on tuottaa luomuhyväksytyjä lannoitevalmisteita, joten osa syöttestä eli puhdistamo- ja sakokaivolietteet on käsiteltävä eri linjastolla.

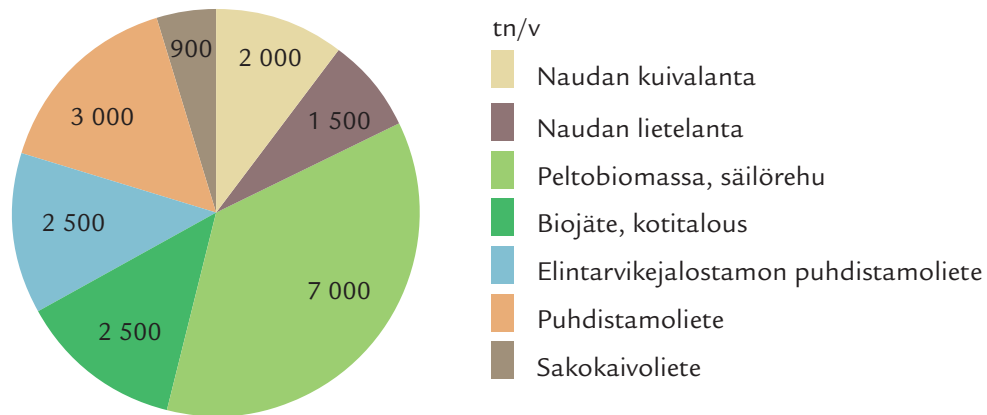
Syötettä otettaisiin laitokselle ympärivuotisesti ja nurmibiomassoja myös varastoitaisiin laitoksella. Lannasta on tarkoitus hyödyntää vain kuivia jakeita joko kuivalantana tai separoituuna lietteenä. Biokaasu on määrä jalostaa liikennebiokaasuksi ja toimittaa paineistettuna tankkausasemille. Yhteistyötä muiden, liikennebiokaasun jalostusta suunnittelevien toimijoiden kanssa on vireillä, mikä parantaisi kaasun toimitusvarmuutta.



Kuva 4. Biosairilan suunniteltu tuotantokonsepti.

Syötteiden keskinäinen suhde muodostuu toiminnan käynnistymisen myötä. Toiminta on tarkoitus aloittaa porttimaksullisilla syötteillä ja laajentaa toimintaa maksuttomilla ja maksullisilla syötteillä ja kehittää samalla lannoitetuotemarkkinointia ja tuotteistusta. Ilman lannoitetuotteista saatavaa

tulovirtaa syötteistäkään ei ole mahdollista maksaa. Maatalouden biomassat kuitenkin lisäävät mädätteen lannoitearvoa myös viljelijälle, joten kierrätyslannoitteiden markkinoilla on odotettavissa kehitystä.



3.

Maatalouden biomassojen käytön kannattavuus

MAATALOUSYRITTÄJÄN NÄKÖKULMA

Maatalouden biomassojen käyttö biokaasutuotannon raaka-aineena voi vahvistaa elinkeinojen toimintaedellytyksiä eri tavoin ja mekanismein. Peltobiomassan tuotanto integroituu hyödyllisellä tavalla hyvään kasvintuotantotapaan. Esimerkiksi härkäpapua tai öljykasveja voi viljellä varsin rajallisella pinta-alalla. Siksi alueellinen, peltobiomassoja käyttävä biokaasulaitos moninkertaistaisi alueellisesti mahdollisuudet viljelykierron rikastamiseen erityisesti kasvintuotantotiloilla.

Biojalostamo mahdollistaa lannan ja kasvimassojen ravinteiden käytön tasalaatuisena ja hygieenisenä

tuotteena huomattavasti laajemmalla alueella kuin ne ovat syntyipaikallaan. Myös muiden käyttökeinojen ravinnevirtojen ohjautuminen viljelyyn varmistaa elintarviketuotannon panosten saatavuutta myös tulevaisuudessa, vähäisemmällä riippuvuudella öljyn maailmanmarkkinoista tai louhitun fosforin saatavuudesta.

Maatalousyrittäjän kannalta mahdolliset hyödyt ovat nopeasti realisoituvia ja/tai pitkän vaikutusajan hyötyjä.

Välittömät tai nopeat hyödyt

- käyttökohde lantamassoille, joille ei ole tilalla tai lähiympäristössä levitysalaa tai markkinoita
- lannan varastointitarpeen väheneminen
- lannan käsittelykustannusten väheneminen
- orgaanista lannoitetta, joka tyypillisesti eroaa lannasta edukseen seuraavilta osin
 - typen käyttökelpoisuus
 - tasalaatuisuuden
 - rikkakasviriski
 - haju
- mahdollisuus lisätä myyntikasvuvuosia viljelykierrossa luomutuotannossa
- tuloja hyväntuottoisista kesantonurmista
- mahdollisuus ulkoistaa kesantonurmien hoitoniitto
- työhuippujen tasaaminen
- edullisempia tuotantopanoksia

Välilliset tai pitkän aikavälin hyödyt

- apilapitoisten kesantonurmien typensidonnan tehostuminen
- mahdollisuus parantaa viljelykiertoa kannattavasti
- mahdollisuus kaasukäyttöisten tai Dual Fuel -työkoneiden hankintaan
- vähäisempi riippuvuus fossiilisperäisten lannoitteiden hinnan vaihtelusta
- viljelysmaan kasvukunnon paraneminen
- ravinnepotentiaalain kertyminen peltoon pitkävaikutteisella tavalla
- kasvipatologisen paineen väheneminen

BIOLOGISET HYÖDYT ALUEEN ELINTARVIKETUOTANNOLLE

Hiili- ja ravinnetalous

Kaikki kasvit käyttävät maan ravinnevaroja ja sadossa pellosto poistuu ravinteita ja orgaanista ainesta. Ravinteita poistuu peltomaasta myös haihtumalla ja huuhtoutumalla. Erityisesti monivuotiset ja syväjuuriset kasvit toisaalta jättävät maahan orgaanista ainesta. Biologiseen typensidontaan osallistuvat kasvit tuovat maahan lisäksi typpeä. Ravinteita vapautuu myös kivennäisaineksesta. Syväjuuriset kasvit lisäksi muokkaavat ja kuohkeuttavat viljelysmaata.

Maan eloperäinen aines, josta osa on stabiilia humusta, on tärkeässä roolissa maan kyvyssä pidättää ravinteita ja vettä. Se kuuluu viljeltäessä vähäjuurisia kasveja. Viljat, kevätöljykasvit ja herne jättävät maahan vain vähän juuristoa. Puhtaiden timoteinurmienkin juuristo on suhteellisen matala.

Öljykasveista lähinnä syysmuodoilla on runsas ja syvä juuristo. Kevätöljykasvien juuristo on melko vaatimaton (Kuva 5). Sitä voidaan lisätä vain monipuolisella viljelykierrolla tai lisäämällä peltoon eloperäistä materiaalia. Eloperäiset lannoitteet toimivat ravinnelähteenä ja maanparannusaineena.

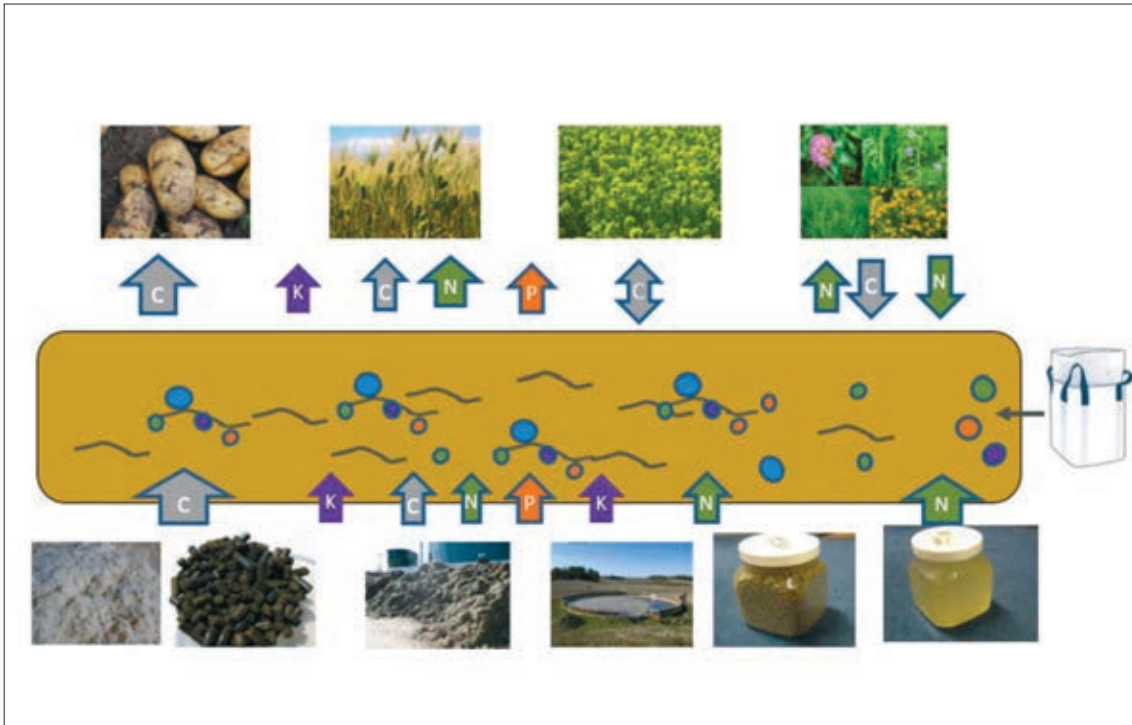
Ravinteiden sijoittuminen ja jakauma vinoutuvat saman tyyppisiä kasveja perättäin viljeltäessä.

Humusvarat hupenevat hitaasti ja siten salakavalasti. Samalla heikkenee maan kyky pidättää ravinteita ja vettä. Hyvän rakenteen ylläpitäminen vaikeutuu ja biologinen aktiivisuus heikkenee. Tilanteen korjaaminen on hidasta. Siksi hyvää hiilitaloutta on parempi pitää yllä rutiininomaisesti tai aloittaa se joka tapauksessa ennen kuin selviä puutteita maan kasvukunnossa on havaittavissa.



Kuva 5. Syys- ja kevättrypsin juuri. Vasemmalla syysrypsi.

Kuva: Maarit Kari



Kuva 6. Vain harvat kasvit lisäävät maan orgaanista ainesta. Jotkin viljelykasvit tuovat maahan typpeä. Konsentroidut väkilannoitteet lisäävät maahan vain ravinteita. Eloperäisten valmisteiden mukana maahan tulee monipuolisesti ravinteita ja lisäksi orgaanista ainesta ja vedenpidätyskykyä.

Kasvitaudit

Yksipuolinen viljely lisää rakenne -ja ravinneongelmien lisäksi myös viljelysmaan kemiallista ja kasvi-

patologista painetta. Yksinkertainen viljelykierto ei siis olekaan niin yksinkertaista. Sen ylläpitämiseen tarvitaan paljon ulkopuolisia ostopanoksia.



Kuva 7. Viljavaltainen viljelykierto voi vaikuttaa yksinkertaiselta. Käytännössä sen ylläpitoon tarvitaan kuitenkin paljon ulkoisia lannoitepanoksia, enemmän kasvinsuojeluaineita ja toimenpiteitä rakenteen säilyttämiseksi. Viljelykierron monipuolistaminen ja erityisesti typensitojanurmen lisääminen vähentää lannoitetarvetta, kasvinsuojelua ja parantaa myös maan toimivuutta.

KANNATTAVUUS MAATALOUSYRITTÄJÄN NÄKÖKULMASTA

Peltobiomassan tuotannon kannattavuutta biokaasulaitokselle verrataan vaihtoehtoihin kustannuksiin.

Nurmien korjuu aiheuttaa enemmän kustannuksia kuin pelkkä nurmen niittäminen. Jotta nurmen luovuttaminen laitokselle olisi houkuttelevaa, nurmimassasta tulisi saada korvaus. Nykytiedon valossa laitos voisi maksaa nurmesta 0,01–0,02 euroa/kg eli 10–20 euroa/tn. Jos nurmisato olisi 20 000 kg/ha, hehtaarikohtainen liikevaihto olisi kuvatulla hinnoittelulla 200–400 euroa/ha. Kaurasta maksetaan tällä hetkellä noin 0,12–0,15 euroa/kg. Keskimääräisellä (3 000 kg/ha) satotasolla viljan hehtaarikohtainen liikevaihto on 360–450 euroa/ha ostajan varastoon toimitettuna. Tarkasteltaessa viljelyn kulurakennetta, viljan viljelyssä on enemmän viljelystä aiheutuvia kuluja kuin nurmesta. Nurmen viljely on siis kannattavampaa kuin rehuviljan viljely. Taloudellisesti nurmen viljely on kiinnostava vaihtoehto kasvitiloille.

Nurmibiomassan tuotannossa lannoitteen hinta nousee helposti ratkaisevaksi tekijäksi. Pellon ravintehuollosta kannattaa huolehtia ensisijaisesti biologisella typensidonnalla ja perustamalla nurmilohkot biokaasulaitoksen mädätteellä tai saatavilla olevalla karjanlannalla.

Tiloilla, joilla on riittävästi sekä lannan varastointi- että levitysalaa, ei ole suoraa taloudellista hyötyä lietteen toimittamisesta biokaasulaitokselle ja takaisin mädätysjäännöksenä, ellei huomioida typen liukoisuuden lisääntymistä. Jos biojalostamo käyttää muita syötteitä, joiden typpipitoisuus on tilan omaa lantaa suurempi, tila hyötyy mädätteen lannoitusvaikutuksesta.

Tiloilla, joilla lannan varastotilaa on liian vähän tai levitysalaa riittämättömästi, lannan toimittaminen biolaitokselle on yleensä edullisempi vaihtoehto kuin lantalan suurentaminen. Esimerkiksi 1 000 m³ lietesäiliön rakentaminen maksaa noin 25 000 euroa. Vuotuinen kustannus (korke+poisto) investoinnista on noin 3 000 euroa/vuosi eli 3 euroa/m³. Vaikka biolaitos ei maksaisi kuljetusta eikä lietteestä mitään, kustannus laitokselle toimittamiseen on edullisempi kuin vaihtoehtoinen kustannus investointina. Toki tämä sillä edellytyksellä, että laitos sijaitsee kohtuetaisytydellä tilasta. Lisäkustannuksena on huomioitava separointikustannus, joka on noin 1 500 euroa/1 000 m³ eli 1,5 eur/m³. Myös tiloilla, joilla peltopinta-alaa on liian vähän, lannan levittämiseen vaihtoehtot ovat levittää lanta esimerkiksi naapurin peltoon tai toimittaa biojalostamoon.

MAATALOUDEN BIOMASSOJEN (LANTA/PELTABIOMASSAT) KÄYTÖN KANNATTAVUUS BIOKAASULAITOKSESSA

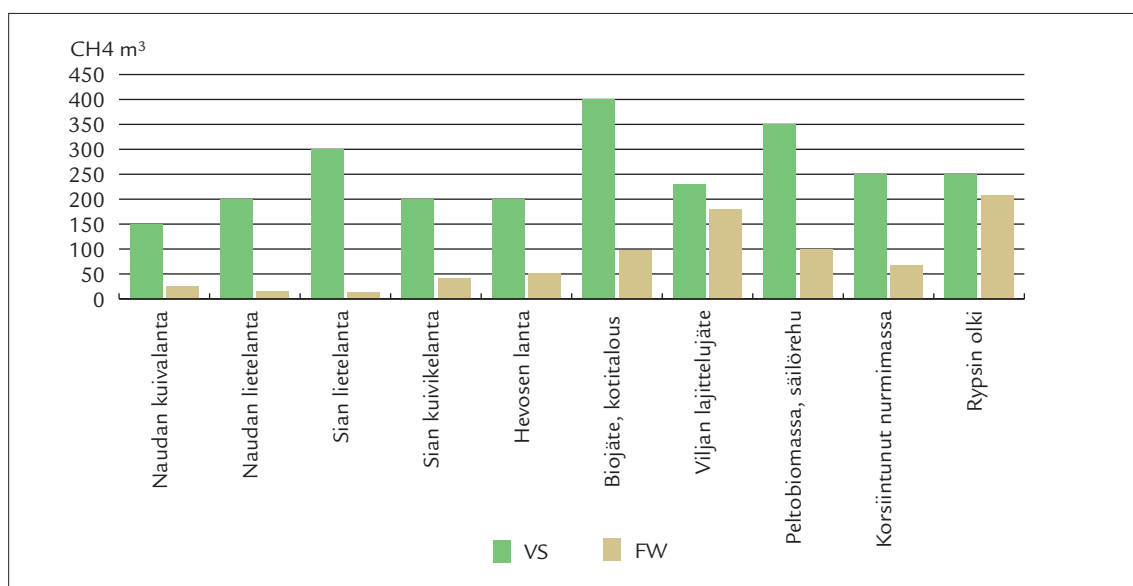
Syötteiden arvo

Maatalouden biomassojen arvo biokaasulaitoksen syötteenä on tapauskohtaista. Maatilan yhteydessä lanta on arvokas syöte, sillä sitä syntyy tasaisesti osana normaalia tuotantotoimintaa. Typpi näyttää erottuvan nestejakeeseen ja fosfori kiinteään jakeeseen tehokkaammin mädätteessä kuin raakalietteessä. Tämä helpottaa lannan tehokkaampaa hyödyntämistä paljon typpeä vaativille kasveille ja toisaalta pelloille, jolle voi käyttää runsaammin fosforia. Mädätys parantaa typen liukoisuutta ja tuhoaa lannan mahdollisesti sisältämiä rikkakasvin siemeniä. Peltobiomassa lisää biokaasun tuottoa reaktoritilavuudessa. Molemmat syötteet ovat huolettomia myös sikäli, että niitä ei tarvitse erikseen hygienisoida.

Erilaisten biomassojen biokaasupotentiaali on suhteellisen samanlainen, kun sitä tarkastellaan kaasuntuotantona haihtuvaa kuiva-ainekiloa koh-

den, sillä orgaanisen kuiva-aineen hiilipitoisuus on melko vakio. Rasvapitoiset syötteet poikkeavat tästä eniten. Kun biokaasupotentiaalia tarkastellaan tyyppillisessä vesipitoisuudessaan, erot ovat syötteiden välillä suuret (kuva 8).

Nurmimassatonnin biokaasupotentiaali on seitsemänkertainen naudan lietelantaan verrattuna. Viljan lajittelujätteen ja rypsin oljen ominaispotentiaali on jopa kaksinkertainen nurmimassaan nähden. Nurmimassan ja sitä kuivempien jakeiden käyttöä rajoittavat märkämädätyslaitoksessa sekä niiden erottumistaipumus reaktorissa että liian korkeaksi nouseva orgaanisen aineksen kuorma reaktorikuumiota kohti. Kuivämädätyksessä erottuminen ei ole ongelma ja kuormituksen säätely on helpompaa, kun prosessiin ohjataan muutenkin saman tyyppisiä syötteitä.



Kuva 8. Erilaisten syötetyyppien biokaasupotentiaali suhteessa orgaanista kuiva-ainetta tai tuorepainossa (CH₄ m³/tn).

Taulukko 3. Erilaisten syötteiden laskennallinen biokaasupotentiaali, kun syötettä on 20 000 tn ja vastaava määrä hehtaareja tai eläinpaikkoja kyseisen volyymin tuottamiseksi.

Syöte	ka-%	CH ₄ m ³ /tn VS	Yhteensä CH ₄ m ³	Eläinpaikkoja, ha	m ³ CH ₄ /eläinpaikka/ha	MWh/eläinpaikka/ha
Naudan kuivalanta	21	150	485 100	1 644	295	2,9
Naudan lietelanta	9	200	288 000	784	367	3,6
Sian lietelanta	5	300	243 000	8 333	29	0,3
Sian kuivikelanta	27	200	842 400	10 256	82	0,8
Hevosen lanta (sis. virtsa ja kuivike)	33	200	1 029 600	2 307	446	4,5
Biojäte, kotitalous	27	400	1 944 000	454 545*	4*	0,04*
Viljan lajittelujäte	87	230	3 601 800	50 000	72	0,7
Peltobiomassa, säilörehu	31	350	1 974 700	1 000	1 975	19,7
Peltobiomassa vanhempi nurmi, ruokohelpi	30	250	1 350 000	1 176	1 148	11,5
Rypsin olki	90	250	4 140 000	10 000	414	4,1

* tarkoittaa henkilöitä

Syötteiden alueellinen potentiaali

Teoreettisena energiapotentiaalina biojäte ja nurmibiomassa ovat melko samanarvoisia. Lajittelujäte ja rypsin olki ovat ”omaa luokkaansa”, mutta 20 000 tonnin määrällä se tarkoittaisi noin 50 000 hehtaarin lajittelujätettä eli noin kymmenesosa Suomen kokonaisvilja-alasta ja rypsilä 10 000 hehtaaria, mikä on noin kolmannes Suomen öljykasvialasta. Sen sijaan 20 000 tonniin nurmibiomassaa tarvitaan noin tuhat hehtaaria peltoalaa, mikä on realistista hankkia järkevältä etäisyydeltä. 20 000 tn kotitalouksien biojätettä tarkoittaisi lähes 112 000 neljän hengen taloutta niin, että kaikki biojäte ja ruokatahde saadaan erotelluksi ja kerätyksi.

Hevosen lannan erityispiirteet

Lantaperäisistä jätteistä hevosenlanta on kiinnostava syöte kuivämädätykseen monestakin syystä. Hevostiloilla on usein rajallisesti lannanlevitysalaa ja siitäkin vain murto-osa voi olla nurmen perustamisalaa, jolloin lannan käyttö olisi helpointa. Lisäksi pelko hukkakauran tai muiden rikkakasvien siemenen leviämisestä vähentää muiden tilojen kiinnostusta vastaanottaa lantaa. Myös hevosen lannan maine ”typen ryöstäjänä” peltomaassa elää sitkeästi, vaikka samaan aikaan peltojen hiililannoituksesta puhutaan enenevässä määrin. Puuperäinen kuivike vaatiikin tyypeä hajotukseen, mutta se myös sitoo sitä pitkäaikaiseen luovutukseen. Mikäli kuivikkeena käytetään turvetta, ravinnehyöty saadaan

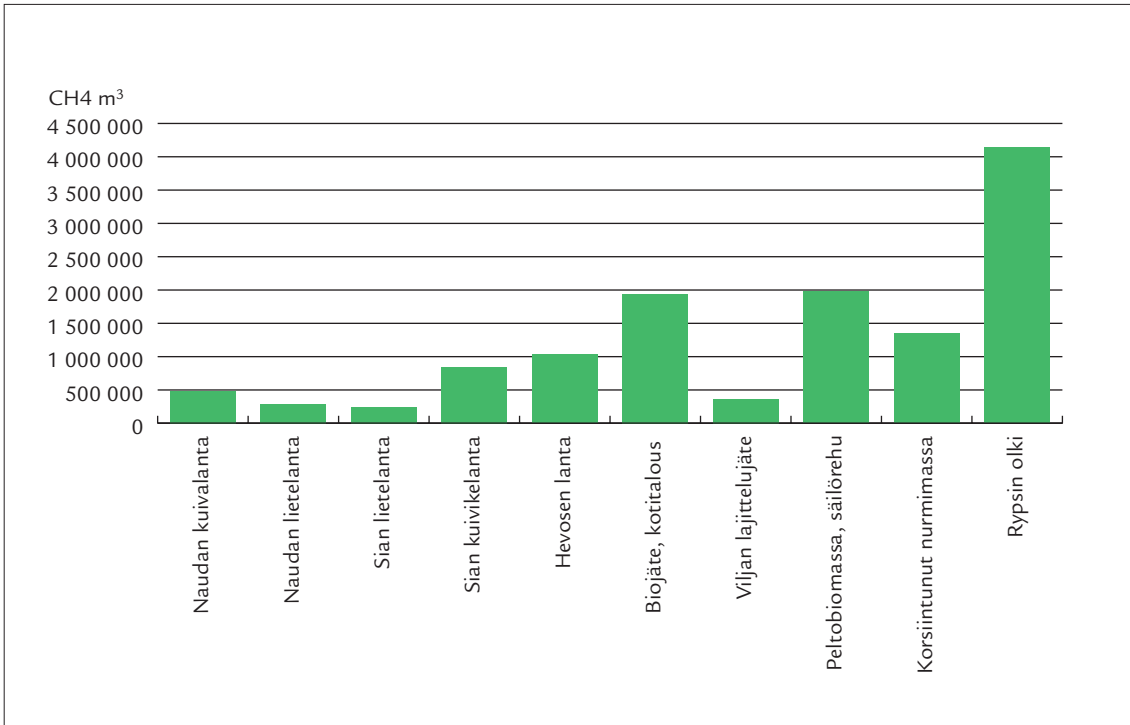
nopeammin ja turve itsessään on tehokas hiililähde ja humuksen raaka-aine. Monille hevosyrittäjille lannan käsittely- tai porttimaksut ovat normaalia rutiinia.

Biokaasuprosessi ratkaisee käytännössä kaikki hevosen lannan lannoitusarvoon liittyvät rajoitteet. Kuivämädätyksessä lannan kuiva-ainepitoisuus on ihanteellinen. Lannan käsittelystä mahdollisesti saatavat tulot lisäävät sen vastaanottamisen mielekkyyttä. Sen sijaan nurmibiomassan maksullisuus suhteessa porttimaksulliseen biojätteeseen edellyttää vastaavaa kompensatiota lannoitetuotteiden muodossa tai merkittäviä säästöjä prosessin muissa vaiheissa.

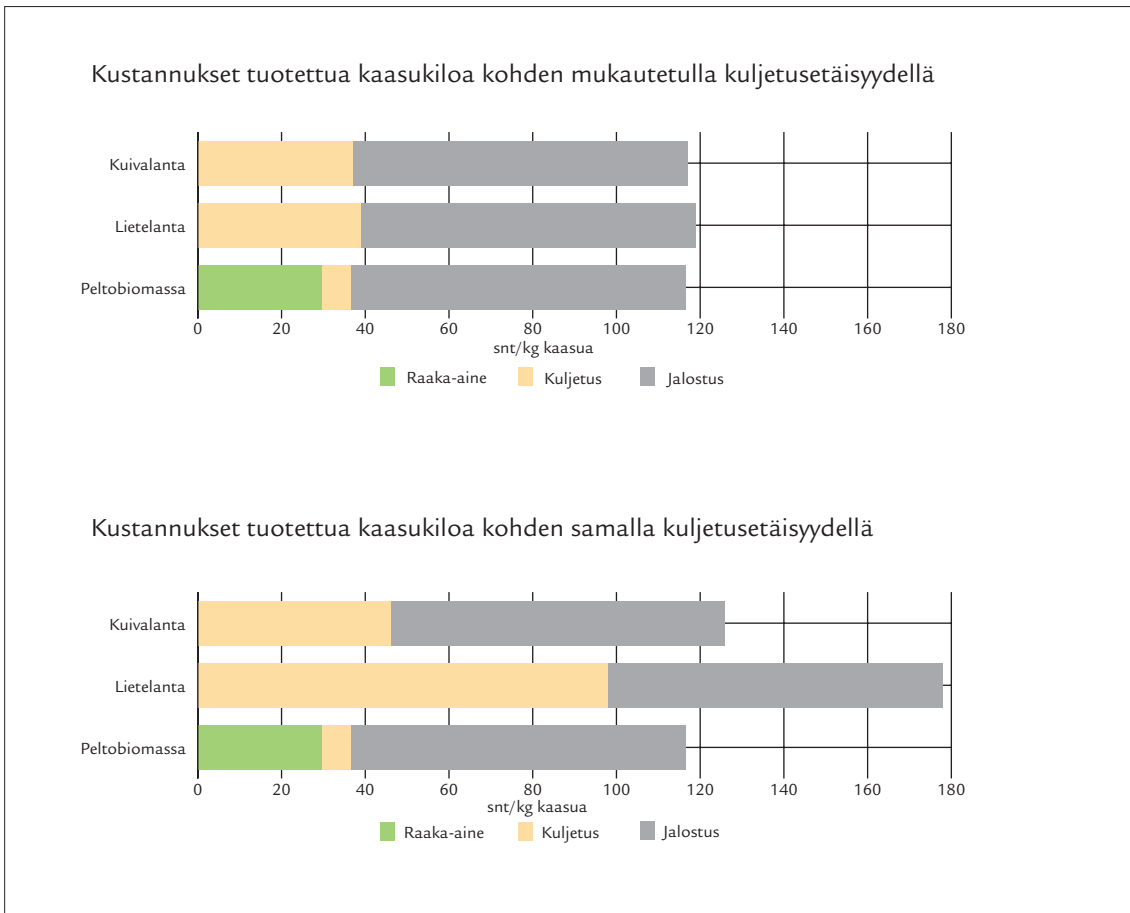
Korkea vesipitoisuus on lietalannan suurin rajoite

Naudan ja sian kuivikelanta ovat potentiaalisia syötteitä riittävän pieneltä etäisyydeltä kuljetettuna. Sen saatavuudessa tai ylitarjonnassa on kuitenkin voimakasta alueellista vaihtelua. Etelä-Savossa sian lannasta ei ole juurikaan ylitarjontaa.

Kuljetuskustannus nousee lannan logistiikassa nopeasti suureksi, vaikka itse syötteellä ei olisi lainkaan hintaa. Mikäli lietalantaa kuljetetaan keskimäärin 20 km ja kuivalantaa keskimäärin 40 km kaksinkertaisella hinnalla suhteessa peltobiomassojen kuljetukseen, joita kuljetettaisiin 50 km, kustannus portilla on karkeasti ottaen yhtä suuri kaikilla jakeilla, vaikka nurmimassasta maksettaisiin 20 euroa/tn.



Kuva 9. Eri jakeiden biokaasuntuotantopotentiaali 20 000 tuoretonnissa tuotetta.



Kuva 10. Kuivalannan, lietelannan ja peltobiomassan raaka-aineen (korjattuna), kuljetuksen ja jalostuksen hinta snt/kg kaasua mukautetulla ja samalla (keskim. 50 km) kuljetusetäisyydellä. Kuljetusetäisyys mukautetussa: lietelanta 20 km ja kuivalanta 40 km. Kaasukilon myyntihinta on 120 snt/kg tasolla.

4.

Mädätteen peltokäytön mahdollisuudet

Tärkeimmät ominaisuudet

- ravinteiden käyttökelpoisuus
- luomukelpoisuus
- tasalaatuisuus
- hygieenisuus
- aluetaloudellinen hyöty

Mädätteen arvo lannoitemarkkinoilla vaihtelee ja tuotetta jopa toimitetaan viljelijöille maksutta. Maatalouden biomassat ja erityisesti kasvibiomassa parantavat kuitenkin mädätteen arvoa ja myös ravinneominaisuuksia käsittelemättömään lantaan tai tyyppillisimpään biokaasulaitoksen mädätteeseen verrattuna. Mikäli mädätteestä erotettu kiinteä jae hinnoiteltaisiin liukoisen typen mukaan, sen kuutiohinta olisi 90 senttiä. Vastavasti nestejakeen hinta olisi 8 euroa/m³. Biokaasuprosessin jälkeen tyyppi on kuitenkin hyvin helposti haihtuvassa muodossa, joten koko lannoite-

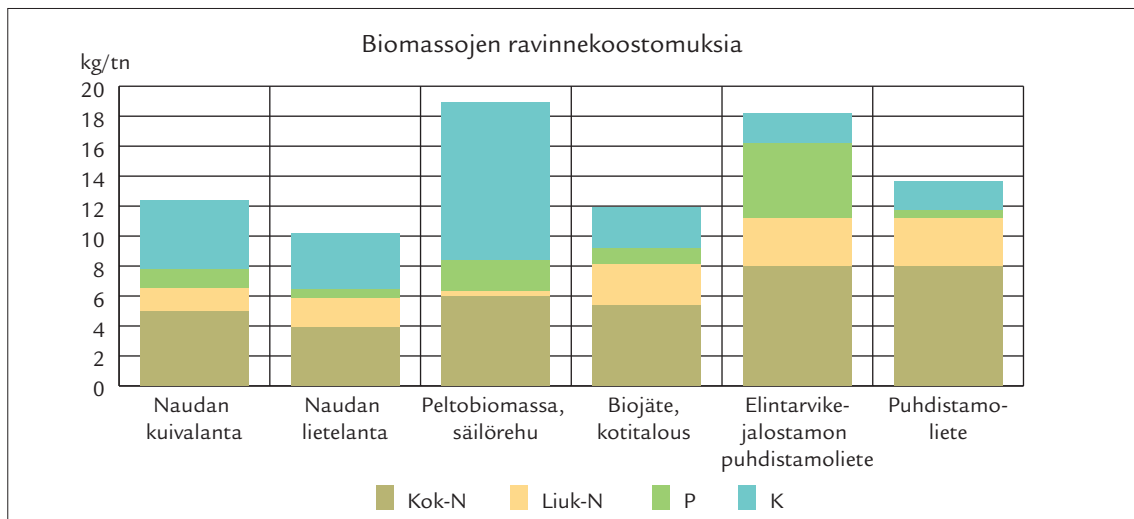
tearvo ei ole todennäköisesti realisoituvaa. Kuutiosta tai tonnissa mädätettä tai rejektivettä on ravinteita jopa kymmenien eurojen edestä.

Biokaasulaitoksen mädäte on monipuolinen ja hyvälaatuinen ravinnetuote. Se on hygieenistä, tasalaatuista ja lannoitevaikutukseltaan nopeatehoisempaa kuin alkuperäinen syöte. Eloperäinen lannoite lisää maan biologista aktiivisuutta ja auttaa eri mekanismeilla hyvän rakenteen saavuttamista tai säilyttämistä pellolla rakenteen, paremman veden ja ravinteiden sitomiskyvyn ansiosta.

RAVINTEET OVAT RAHAA

Lannan käyttöä kasviuotannossa rajoittaa fosforin runsas suhteellinen osuus ja typen heikko liukoisuus. Biokaasuprosessissa typen liukoisuus paranee, mutta lisätty nurmimassa myös korjaa ravinnekoostumusta käyttökelpoisempaan muotoon. Muut

jakeet kuten biojätteet lisäävät mädätysjäännöksen arvoa entisestään. Naudan lietelantaan verrattuna lähes kaikki muut syötteen osat arvokkaampia.



Kuva 11. Erialaisten syötteen ravinnekoostumuksia.

Taulukko 4. Mädatteen, kiinteäjakeen ja rejektin laskennallinen ravinnekoostumus ja ravinteiden arvo mädattekuutiassa.

Mädattejaje	Pitoisuus tilavuudessa liukoinen/käyttökelpoinen, %		K, %	€/m ³			
	N	P		typen osalta	fosforin osalta	kaliumin osalta	yhteensä
Mädatte (erottelematon)	0,31	0,27	0,50	3,49	4,96	8,46	16,9
Kiinteä jae (ka 30 %)	0,08	0,28	0,13	0,90	5,14	7,12	13,1
Rejekt	0,74	0,16	1,21	8,40	2,99	8,9	20,2

Mikkeliin suunnitellun laitoksen aiottu syötekoostumus on ainutlaatuinen ja mädatteen koostumusta voi arvioida lähinnä laskennallisesti syötteiden perusteella.

Taulukon 4 arvot on laskettu Luonnonvarakeskuksen ja Ukipoloksen tekemän biokaasulaskurin ravinnearvoilla ja typen liukoisuuden on laskettu lisääntyvän 25 % kokonaistypen liukenemattomasta osasta. Pitoisuudet ovat suuntaa antavia. Puhdistamolietteen fosforista on laskettu käyttökelpoiseksi 10 %.

Mädatteen, kiinteän jakeen tai rejektin soveltuvuus lannoitteeksi riippuu viljelykasvista. Kuvassa 12 on esitetty esimerkkikohteita eri jakeille.

Mädatteen tai sen jakeiden käyttömäärä riippuu viljelykasvin lisäksi myös maan fosforiluvusta ja maalajista ja sen multavuudesta. Ympäristötukiehdot ja nitraattidirektiivi asettavat rajoitteita typen ja fosforin käytölle.

Taulukossa 5 on kuvattu kerta-annoksena käytettäviä levitysmääriä, kun annoksen määrä lasketaan sallittujen typpi- tai fosforimäärien perusteella.

Liete, rejektivesi, virtsa, ammoniakkivesi

- Nurmen kevät- ja kesälannoitukseen
- Viljan kevtlannoitukseen
- Kevätöljykasvit

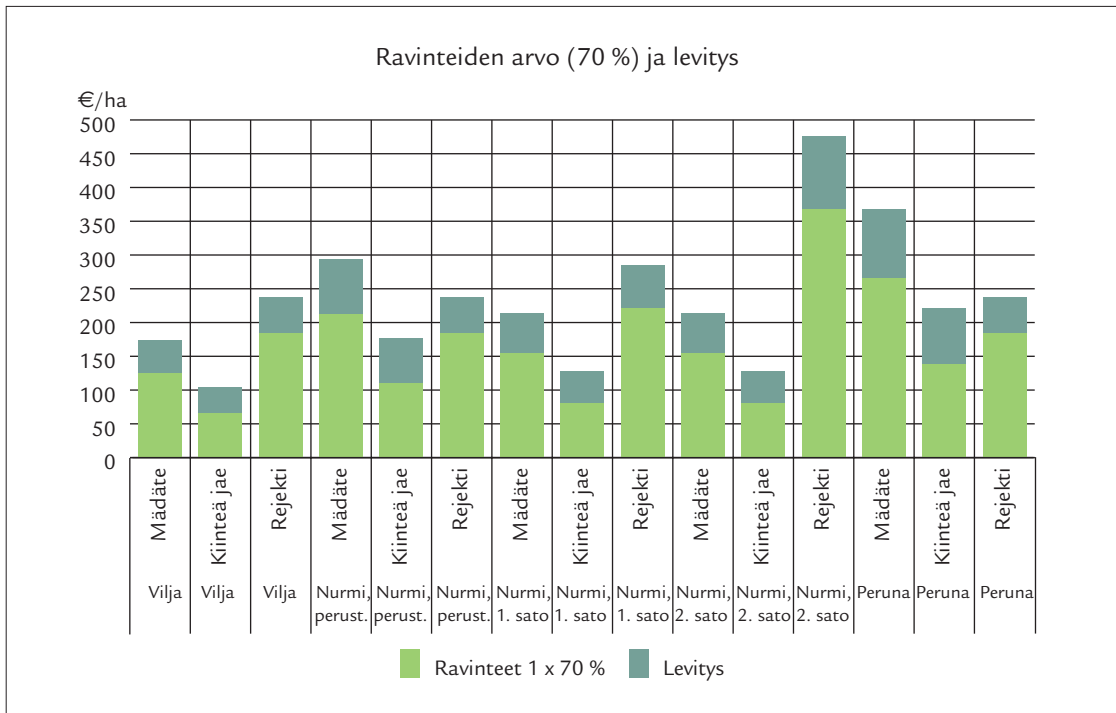
Kompostilanta, mädatteen kiintoaines

- Perunalle, erityisesti märehitjän ja hevosen lanta
 - myöhäinen ravinteiden otto
 - viljelykierto tärkeää
- Palkoviljat
- Perustettavat nurmet
- Syysviljat
- Sian lietelanta kevtviljoille

Kuva 12. Esimerkkejä lannoitejakeiden käyttökohteista.

Taulukko 5. Esimerkkejä mädätteen tai sen jakeiden käyttömääristä, kun hehtaariannosta rajoittavana tekijänä on tyyppi tai fosfori. Käyttömäärää rajoittava ravinne on korostettu vihreällä taustavärillä. Ha-sarake kuvaa tarvittavaa peltolevitysalaa Metsä-Sairilaan suunnitellulla syötämäärällä.

Kasvi	Tuote	tn/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	P-luku	ha
Vilja	Mädäte	12,0	39	26	64	Huononlainen	1 571
Vilja	Kiinteä jae	9,8	10	26	16		1 257
Vilja	Rejekti	13,5	100	16,6	163		492
Nurmi, perust.	Mädäte	20,4	66	44	108		928
Nurmi, perust.	Kiinteä jae	16,6	17	44	27		743
Nurmi, perust.	Rejekti	13,5	100	16,6	163		492
Nurmi, 1 sato	Mädäte	14,8	48	32	78		1 277
Nurmi, 1 sato	Kiinteä jae	12,1	12	32	20		1 021
Nurmi, 1 sato	Rejekti	16,1	120	19,9	195		410
Nurmi, 2 satoa	Mädäte	14,8	48	32	78		1 277
Nurmi, 2 satoa	Kiinteä jae	12,1	12	32	20		1 021
Nurmi, 2 satoa	Rejekti	26,9	200	33,2	325		246
Peruna	Mädäte	25,5	83	55	135		743
Peruna	Kiinteä jae	20,7	21	55	34		594
Peruna	Rejekti	13,5	100	16,6	163	492	
	Tuote	tn/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	P-luku	ha
Vilja	Mädäte	7,4	24	16	39	Välttävä	2 553
Vilja	Kiinteä jae	6,0	6	16	10		2 043
Vilja	Rejekti	13,5	100	16,6	163		492
Nurmi, perust.	Mädäte	16,7	54	36	88		1 135
Nurmi, perust.	Kiinteä jae	13,6	14	36	22		908
Nurmi, perust.	Rejekti	13,5	100	16,6	163		492
Nurmi, 1 sato	Mädäte	13,9	45	30	73		1 362
Nurmi, 1 sato	Kiinteä jae	11,3	11	30	18		1 089
Nurmi, 1 sato	Rejekti	16,1	120	19,9	195		410
Nurmi, 2 satoa	Mädäte	13,9	45	30	73		1 362
Nurmi, 2 satoa	Kiinteä jae	11,3	11	30	18		1 089
Nurmi, 2 satoa	Rejekti	26,9	200	33,2	325		246
Peruna	Mädäte	25,5	83	55	135		743
Peruna	Kiinteä jae	20,7	21	55	34		594
Peruna	Rejekti	13,5	100	16,6	163	492	
	Tuote	tn/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	P-luku	ha
Vilja	Mädäte	4,6	15	10	24	Tyydyttävä	4 085
Vilja	Kiinteä jae	3,8	4	10	6		3 268
Vilja	Rejekti	13,5	100	16,6	163		492
Nurmi, perust.	Mädäte	12,0	39	26	64		1 571
Nurmi, perust.	Kiinteä jae	9,8	10	26	16		1 257
Nurmi, perust.	Rejekti	13,5	100	16,6	163		492
Nurmi, 1 sato	Mädäte	13,9	45	30	73		1 362
Nurmi, 1 sato	Kiinteä jae	11,3	11	30	18		1 089
Nurmi, 1 sato	Rejekti	16,1	120	19,9	195		410
Nurmi, 2 satoa	Mädäte	13,9	45	30	73		1 362
Nurmi, 2 satoa	Kiinteä jae	11,3	11	30	18		1 089
Nurmi, 2 satoa	Rejekti	26,9	200	33,2	325		246
Peruna	Mädäte	25,5	83	55	135		743
Peruna	Kiinteä jae	20,7	21	55	34		594
Peruna	Rejekti	13,5	100	16,6	163	492	



Kuvio 13. Ravinteiden laskennallinen arvo (70 %) ja levityskustannus hehtaarilla, kun kaikille ravinteille käytetään biokaasulaskurissa käytettyjä ravinteiden kilohintoja ja levityskustannus on 4 euroa/tn. Käyttömäärä on laskettu maan fosforiluvulla huononlainen ja kasvikohtaisesti sallituilla ravinneannoksilla rajoittavan ravinteen mukaan.

5.

Biopolttoaineiden käytön mahdollisuudet maatalouskäytössä

Biokaasun käytön tavallisin sovellus maataloustraktoreissa on ns. Dual Fuel -ratkaisu. Siinä traktori käyttää sekä kevytpolttoöljyä ja kaasua polttoaineena sen mukaan, mikä on moottorin kierrosalue ja polttoaineen valinta tapahtuu automaattisesti. Käyttökokemusten mukaan kevytpolttoöljyä ja kaasua kuluu normaalisti saman verran.

Keskitetyn biojalostamon toimintamalli, raaka-aineet ja mädätejäännöksen käyttökohteet -hankkeessa kysyttiin viljelijöiden kiinnostusta biopolttoaineen käyttämiseen. Noin 30 % viljelijöistä oli

kiinnostunut. Mikäli vastaajien pinta-alan töistä puolet tehtäisiin biokaasutraktorilla ja traktori käyttäisi kaasua puolet polttoaineesta, tarvittava kaasumäärä noin 500 ha alueella olisi noin 25 000 m³. Suunnitellun laitoksen tuotanto riittää tällaiseen kysyntään helposti. Käytännössä liikennepolttoaineen kulutus tulisi olla vuositasolla melko tasaista, sillä paineistettunakin sen varastointi vaatii tilaa ja aiheuttaa kustannuksia.

6.

Toimivat logistiikkavaihtoehdot biomassojen käsittelyyn

KORJUUKETJUT

Useimmilla tiloilla on teholtaan ja kunnoltaan vaihtelevaa nurmen korjuukalustoa. Osa tiloista pystyy hyödyntämään omaa konekantaan ja he haluavatkin esimerkiksi niittää nurmen itse. Toisessa ääripäässä ovat tilat, jotka haluavat ulkoistaa kaiken työn niitosta kuljetukseen.

Koneketju irtotavaralle:

1. Niitto hinattavalla, noin 3 m leveällä niittomurskaimella tai niittokoneella (murskaus ehkä tarpeeton ja vie turhaan niittotehoa), mahdollinen karhotus (2 karhoa yhdeksi) ja korjuu noukinvaunulla. Tämä toimii parhaiten 5–10 km säteellä biokaasulaitokselta.

Urakointitaksoilla korjuukustannus on noin 175–195 euroa/ha.

2. Niitto pelkällä niittokoneella (nopea, halvempi kone), ja korjuu ajosilppurilla, jonka silppuri silppuaa rehun halutun pituiseksi. Ajosilppuri purkaa biomassan erilliseen traktorin tai kuorma-auton perävaunuun, jolloin kuljetusmatka voi olla pidempi. Urakointitaksoilla korjuukustannus on noin 200 euroa/ha.

Koneketju paalitavaralle:

1. Niitto tehdään tilan omalla kalustolla, joko niittokoneella tai niittomurskaimella ja rehu paalataan pyöröpaaleihin ilman säilöntäainetta. Paalauksen yhteydessä paali narutetaan tai verkotetaan. Paali käärätään muoviin. Sen jälkeen paalit voidaan varastoida joko varastokeskittymään tai kuljettaa suoraan biojalostamolle varastoon. Urakointitaksoilla kustannus on noin 350 euroa/ha (pellonreunalla).

Heinän kuljetuskustannus

Paalattu nurmimassa voidaan varastoida rekkakelpoisen tien varteen. Paalit voidaan kuljettaa myös talviaikaan. Paalien kuljetuskustannus noin 7,14 euroa/100 km/pyöröpaali tai toisin ilmaistuna 200 euroa/ha/100 km.

Lietelannan käsittely

Lietelanta on separoitava ennen laitokseen toimitamista jo suhteellisen lyhyillä kuljetusetäisyyksillä logistiikkakulujen pitämiseksi kohtuullisena. Lietelannan separoinnissa erotetaan toisistaan kiinteä

jae ja neste. Kiinteä jae toimitetaan biolaitokselle ja nestejake levitetään pellolle tilalle. Separointiteho esimerkiksi Tehoplus-separaattorilla (4 separaattoria) on naudun lietteellä 60–120 m³/h. Separoinnin tuntihinta Tehoplus-separaattorilla on 125 euroa + alv, eli keskimäärin 1,4 euroa/m³ (alv 0 %). Lisäksi peritään perusmaksu 80 euroa/tila ja kuorma-auton kilometreistä tilalle veloitetaan 0,98 euroa/km. Separoinnin jälkeen lanta kuljetetaan biolaitokselle. Kuljetuskustannus on samaa luokkaa kuin heinän kuljetus.

KORJUUAJANKOHDAT

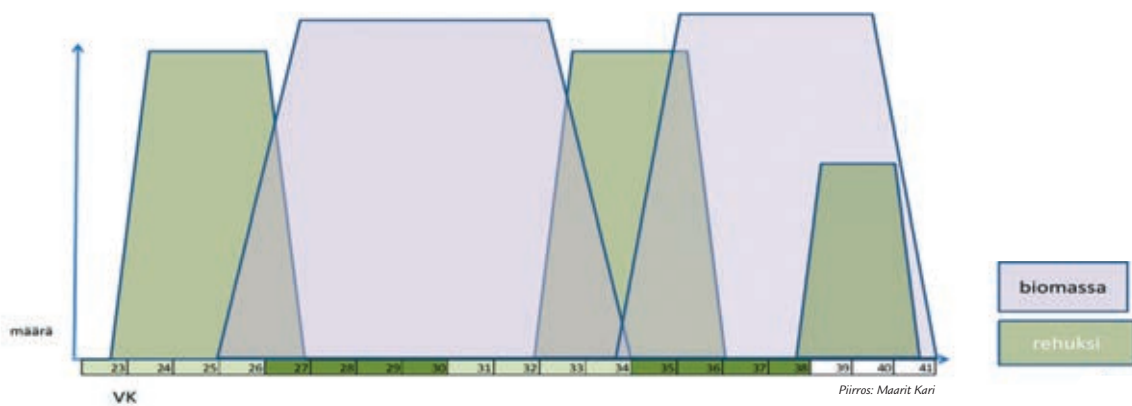
Peltobiomassojen korjuu kannattaa ajoittaa säilörehun korjuun kanssa lomittain. Näin peltobiomassojen korjuu ei vaaranna oikea-aikaista säilörehunkorjuuta. Peltobiomassojen korjuu biokaasulaitokselle voisi myös työllistää useamman korjuuketjun ja parantaa säilörehun korjuukapasiteettia alueella.

Nurmibiomassojen korjuun ajallinen haarukka on laajempi kuin maidontuotantoon tarkoitettulla nurmisadolla. Lehmän tuotosta rajoittaa eniten sen kyky syödä riittävästi. Siksi on tärkeää, että lehmä syö riittävän hyvälaatuista rehua. Biokaasulaitokseen korjattavan rehun sulavuudessa on enemmän ”pelivaraa”, koska syöttönopeutta ja siten läpimenoaika voidaan säädellä. Sulavuutakin tärkeämpi biokaasupotentiaaliin vaikuttava

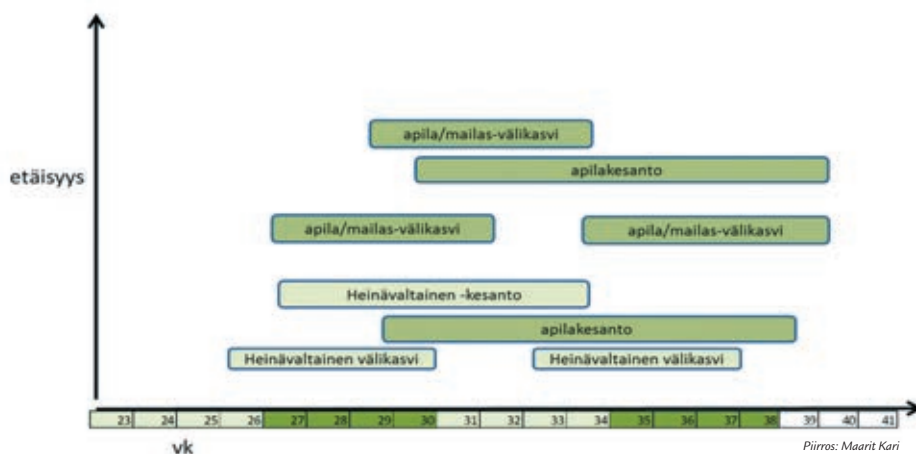
seikka hehtaarikohtaisesti on korjattavan kuiva-aineen kokonaismäärä, mikä jää helposti hyvin alhaiseksi, jos korjuu ajoitetaan sulavuuden kannalta parhaaseen mahdolliseen aikaan. Tästä seikasta johtuen myös sadon arvo esimerkiksi biokaasuna jää alhaiseksi suhteessa korjuukustannuksiin.

Korjuun ajallinen synkronointi rehuksi ja biokaasun tuotantoon palvelee maidon- ja naudanlihan tuotantoa, kun se ei kilpaile korjuukapasiteetista vaan pikemminkin vahvistaa urakointiketjujen alueellista saatavuutta.

Sadon korjuukokonaisuutta voidaan suunnitella alkuperän mukaan kasvilajiston ja tuotantotarkoituksen mukaan.



Kuva 14. Nurmen korjuu ajallinen jaksottuminen säilörehuksi ja biomassaksi.



Kuva 15. Eri kasvustotyyppien korjuun rytmittyminen kasvukaudella.

7.

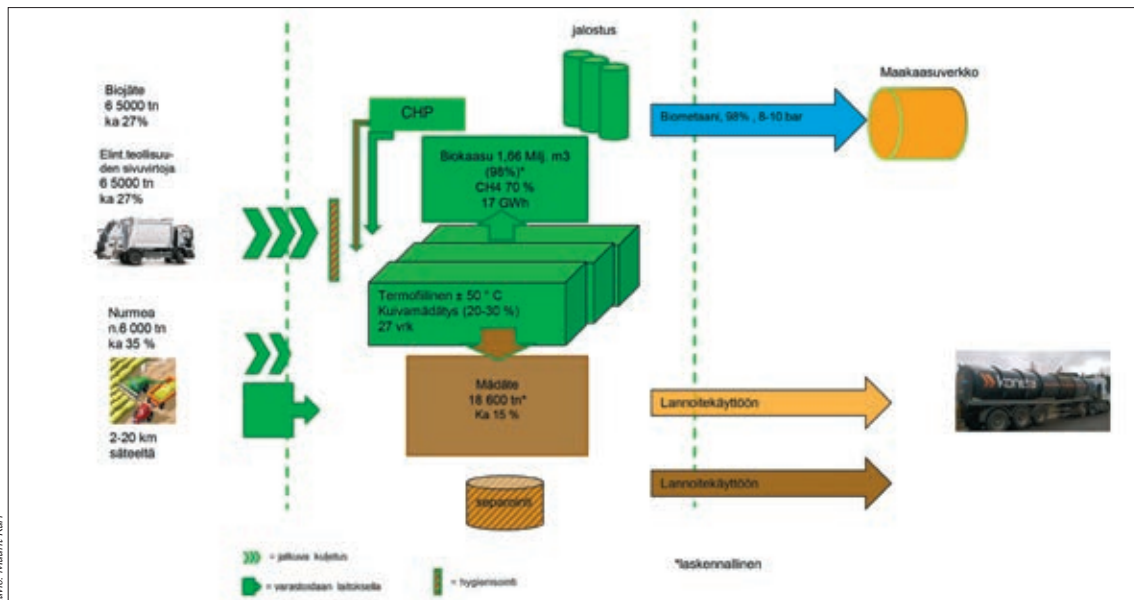
Yhteenveto biomassojen hyödyntämisestä kuivämädätystekniikalla toimivassa biokaasulaitoksessa

Seuraavassa on kuvattu kaaviona esimerkkejä biomassoja käyttävistä laitoksista.

Ohessa kuvioissa käytetyt energia- ja mädätejakeita kuvaavat värit.

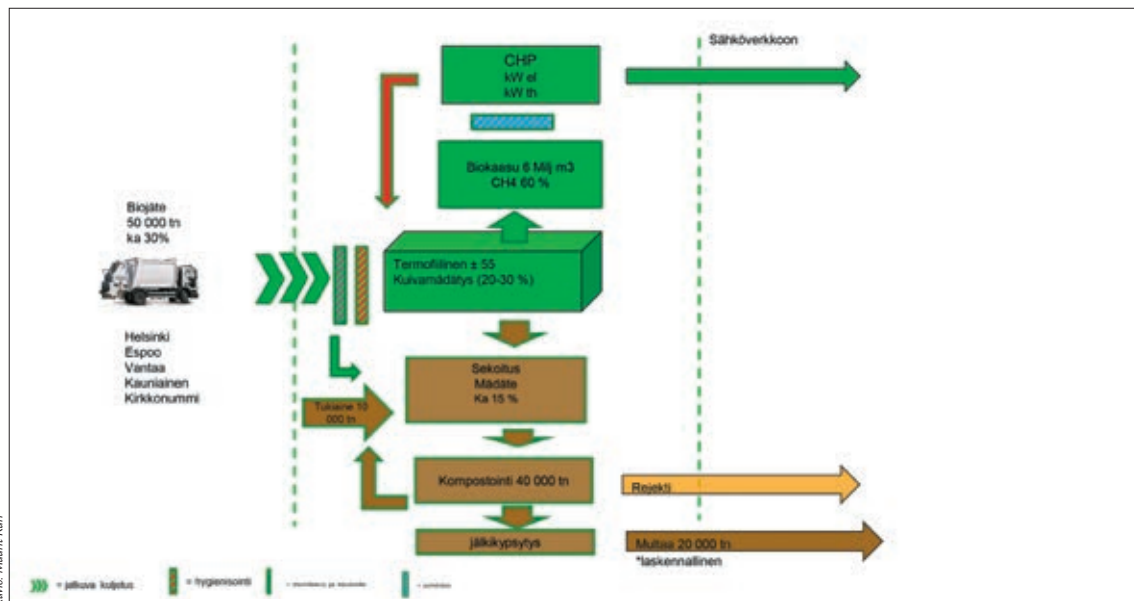


Haminan energia, Virojoki



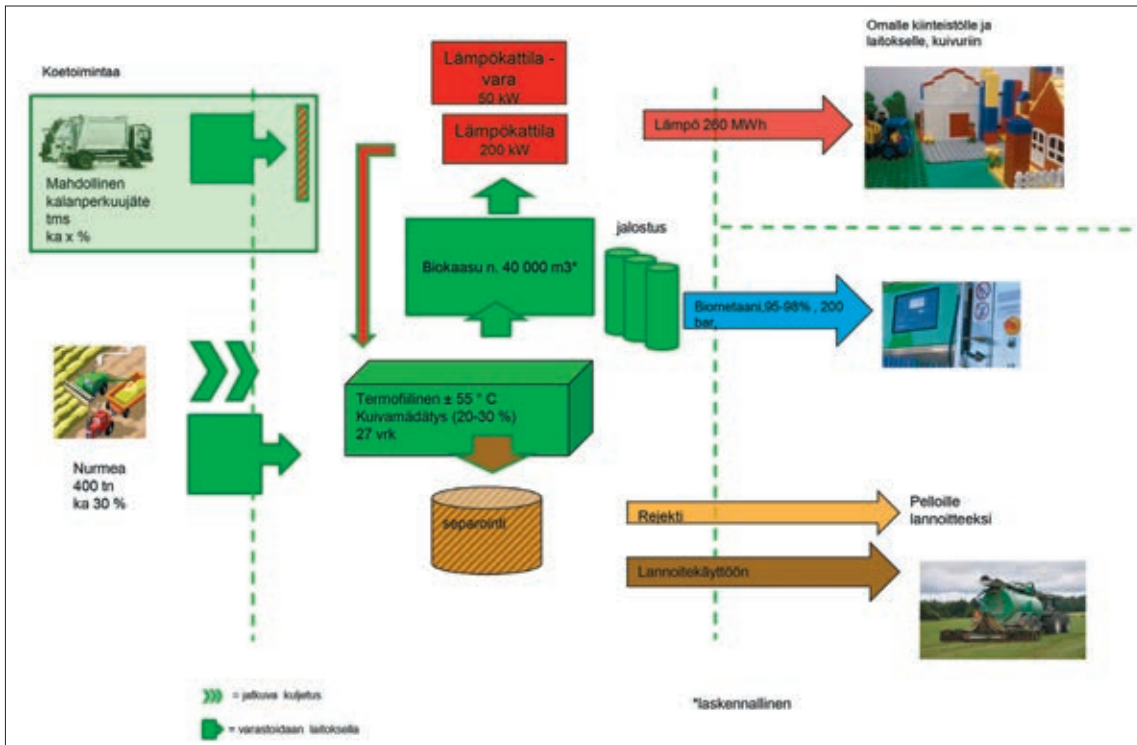
Kuvio: Maarit Kari

Ämmässuo, Espoo



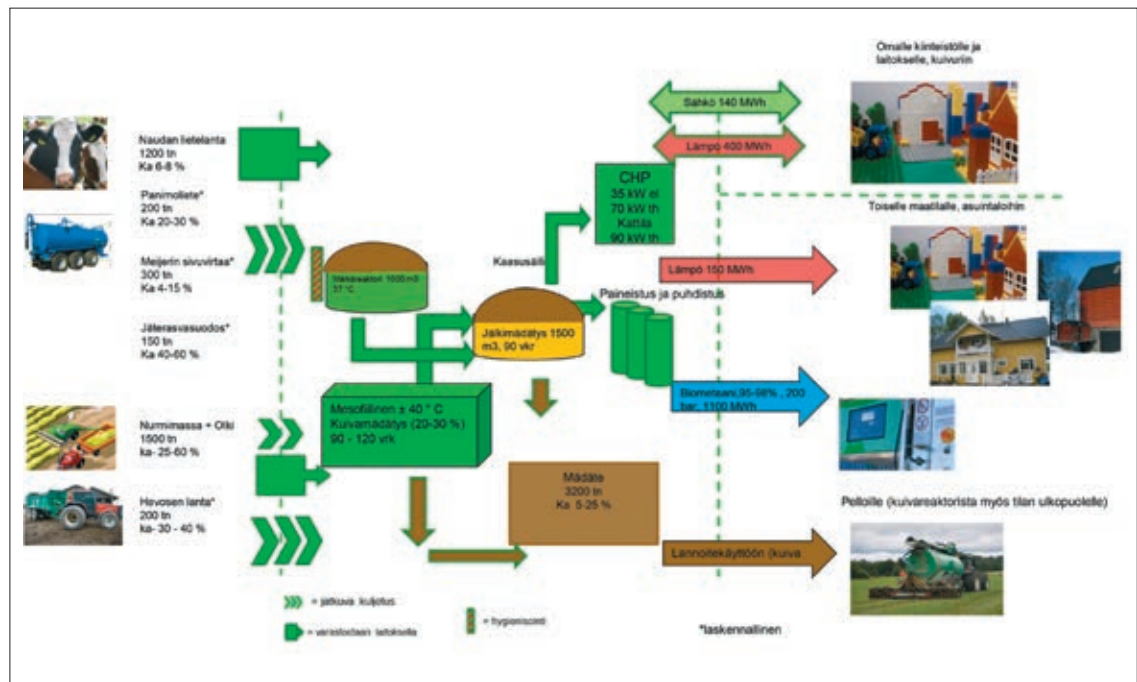
Kuvio: Maarit Kari

Luonnonvarakeskus, Sotkamo



Kuvio: Maarit Kari

Metener, Laukaa



Kuvio: Maarit Kari

Lisää esimerkkejä erilaisista biokaasulaitoksista hankkeen raportissa ”Lannoitteita ja energiaa biomassoista – Keskitetyn biojalostamon toimintamalli, raaka-aineet ja mädätejäännöksen käyttökohteet-raportti”. ProAgria hankejulkaisu -sarja, nro 5.

8.

Lähteet

- 1) Kauppakassista kaatopaikalle, ruokahävikki kotitalouksissa
<http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/481106/mttraportti104.pdf>
- 2) Jätteen määrän laskenta ja arviointi yrityksissä. Petra- jätevertailu.
www.petrajatevertailu.fi/phj/jatteen_maara_ja_laskenta.pdf
- 3) VYR Uutisia viljaketjusta VYR
www.vyr.fi/fin/ajankohtaista/uutiset/2016/03/kylvoaikeet-2016-kartoitettu
- 4) Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi – biomassan sopivuus syötteeksi ja korjuun vaikutukset tukiohjelmien muiden tavoitteiden saavuttamiseen
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/viljelematon-pelto-biokaasuksi>
- 5) Luonnonmukainen maanviljely. Inger Källander. Kirjayhtymä. 1993.
- 6) Lannoitteita ja energiaa biomassoista – Keskitetyn biojalostamon toimintamalli, raaka-aineet ja mädätejäännöksen käyttökohteet -raportti. ProAgria hankejulkaisu -sarja, nro 5. 2016.

ProAgrian hankejulkaisut 6
ISSN 2342-8643 (painettu)
ISSN 2342-8651 (verkkojulkaisut)

Keskitetyn biojalostamon toimintamalli, raaka-aineet ja mädätejäännöksen käyttökohteet -hanke.
Etelä-Savon maakuntaliitto, Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) ja valtion rahoitus.
Toimintalinja 2. Uusimman tiedon ja osaamisen tuottaminen ja hyödyntäminen.
Erytistavoite 3.2. Uusiutuvan energian ja energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen.
Hankkeen muut rahoittajat: kunnallinen rahoitus Metsäsairila Oy ja Etelä-Savon Energia Oy.
Yritysrahoitus BioGTS Oy ja ProAgria Etelä-Savo ry sekä Luonnonvarakeskus (valtion tutkimusorganisaatio).

