

MTT RAPORTTI 151

Nurmesta biokaasua liikennepolttoaineeksi

**Arja Seppälä, Pellervo Kässi, Heikki Lehtonen, Esa Aro-Heinilä,
Oiva Niemeläinen, Eeva Lehtonen, Jukka Höhn, Tapio Salo, Marjo
Keskitalo, Matts Nysand, Erika Winqvist, Sari Luostarinen
ja Teija Paavola**



Nurmesta biokaasua liikennepolttoaineeksi

Bionurmi-hankkeen loppuraportti

**Arja Seppälä, Pellervo Kässi, Heikki Lehtonen, Esa Aro-Heinilä, Oiva Niemeläinen,
Eeva Lehtonen, Jukka Höhn, Tapio Salo, Marjo Keskitalo, Matts Nysand,
Erika Winqvist, Sari Luostarinen ja Teija Paavola**



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

ISBN: 978-952-487-546-2

ISSN 1798-6419

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-546-2>

<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti151.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Arja Seppälä, Pellervo Kässi, Heikki Lehtonen, Esa Aro-Heinilä, Oiva Niemeläinen,
Eeva Lehtonen, Jukka Höhn, Tapio Salo, Marjo Keskitalo, Matts Nysand,
Erika Winquist, Sari Luostarinen ja Teija Paavola

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2014

Kannen kuva: Arja Seppälä

Nurmesta biokaasua liikennepolttoaineeksi

**Arja Seppälä, Pellervo Kässi, Heikki Lehtonen, Esa Aro-Heinilä, Oiva Niemeläinen,
Eeva Lehtonen, Jukka Höhn, Tapio Salo, Marjo Keskitalo, Matts Nysand,
Erika Winqvist, Sari Luostarinen ja Teija Paavola**

MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Bionurmi-hankkeessa on selvitetty millä edellytyksillä nurmesta voitaisiin tuottaa biokaasua kestävästi Hämeen, Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen alueella. Hankkeessa on luotu toimintamalli nurmea hyödyntävälle biokaasulaitokselle, joka toimii nykyistä maatilamittakaavaa suuremmassa mittakaavassa. Hankkeessa on esitetty nurmenviljelyn merkitys viljelykierrossa ja tarkasteltu nurmisopimustuotannon malleja sekä biokaasulaitoksen että kasvinviljelytilan näkökulmasta. Taloudellisin laskelmin on selvitetty, millä ehdoin kasvinviljelytilan on taloudellisesti mielekästä lähteä biokaasunurmen sopimustuottajaksi. Hankkeessa on luotu nurmibiokaasutuotannon tuotantokustannuslaskelma ja arvioitu taloudellisten kannustimien tarve ja luotu ehdotus tukijärjestelmän toteutuksesta. Lisäksi on laskettu toiminnan vaikutus vaihtotaseeseen ja valtion verotuloihin. Nurmibiomassan tuotantopotentiaali on laskettu ja ehdotukset laitossijaintipaikoiksi luotu GIS-paikannusta hyödyntäen. Jatkokehitystarpeiksi on tunnistettu mm. nurmirehun arvokomponenttien erottaminen ennen biokaasuprosessia, tarve pienentää biokaasulaitoksen investointikustannuksia teknisen kehityksen avulla ja tarve kehittää käsittelyjäännöksen ravinteiden tuotteistamista. Bionurmi-hanke on saanut rahoitusta Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta Hämeen, Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen ELY-keskusten myöntämänä.

Avainsanat:

bioenergian tuotanto, biologinen typensidonta, biomassan tuotanto, esikasviarvo, GIS-paikannus, korjuuketjut, liikennebiokaasu, nurmenkorjuu, sopimukset, säilörehu, vaihtotase, viljelykierto,

Biogas from Grass for Traffic Fuel

**Arja Seppälä, Pellervo Kässi, Heikki Lehtonen, Esa Aro-Heinilä, Oiva Niemeläinen,
Eeva Lehtonen, Jukka Höhn, Tapio Salo, Marjo Keskitalo, Matts Nysand,
Erika Winquist, Sari Luostarinen and Teija Paavola**

MTT Agrifood Research Finland

Abstract

The objective of the project BIONURMI was to define the prerequisites for grass-based biogas production, especially in the southern part of Finland where agriculture is mainly based on grain production. An operational model was created including suggested agreements between grass-cultivating farmers and biogas producers. The role of grass in crop rotation was evaluated based on statistics, literature and some new crop cultivation experiments. A dynamic economic mathematical model was created to simulate the farmer decisions on whether grass for biogas was to be included into the crop rotation. Production costs of biogas from grass silage were calculated. The need for economic subsidies in the beginning of production was estimated. Further, a suggested subsidy system for biogas production using grass silage as raw material was made and its effect on Finland's current account and tax income calculated. The biogas production potential from field areas of the target regions was mapped and locations suggested for biogas plants using grass silage as their main substrate. Consecutive projects are suggested e.g. on fractioning grass silage into separate valuable fractions prior to biogas process, on required technical development of biogas process to reduce investment costs and on nutrient valorization from the raw digestate to marketable products. The project was partly funded by The European Agricultural Fund for Rural Development: Europe investing in rural areas.

Keywords:

agreements, bioenergy production, biogas, biological nitrogen fixation, biomass production, crop rotation, current account, GIS-mapping, grass silage, harvesting, monoculture, traffic fuel

Alkusanat

Tämä raportti luo kokonaiskuvan nurmea raaka-aineena hyödyntävän biokaasulaitoksen toimintaan liittyvistä reunaehdoista. Toimintaa on tarkasteltu sekä biokaasunurmea viljelevän kasvinviljelytilan että biokaasulaitoksen näkökulmasta yhteiskunnallista näkökulmaa unohtamatta.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT pyrkii strategiassaan kohti kestäväää elintarvikejärjestelmää, jonka ympäristöhaitta ja riippuvuus tuontien energiasta ja fossiilisista panoksista on mahdollisimman pieni. Tutkimuksella pyritään aktiivisesti kehittämään suljettuja ravinnekiertoja ja paikallisen uusiutuvan energian tuotantoa. Pellolla tuotetun bioenergian maine on kärsinyt ns. ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden eli syötävistä kasvinosista tuotetun bioetanolin ja biodieselin tuotannon huonosta hyötysuhteesta ja kilpailusta elintarvikkeiden kanssa.

Etelä-Suomi on vahvaa viljanviljelyaluetta, jossa viljan monokulttuuri näkyy maaperän rakenteen heikkenemisenä, eroosion ja vesistökuormituksen lisääntymisenä sekä kasvintuhoojien runsastumisena. Alueelle kaivataan uusia taloudellisia viljelykasveja, jotka lieventäisivät yksipuolisen viljanviljelyn haittoja. Nurmi sopii monivuotisena kasvina tällaiseen tarkoitukseen hyvin, mutta tehokas nurmenviljely on vähentynyt maidon- ja naudanlihan tuotannon keskittyessä alueellisesti pohjoisemmaksi. Sen sijaan vajaahyödynnettyjä nurmialueita on Etelä-Suomessakin runsaasti.

Biokaasuliiketoiminta nähdään uutena mahdollisuutena lisätä nurmenviljelyä eteläisessä Suomessa siten, että nurmisadolle on mielekästä käyttöä. Oletuksena on, että nurmea voidaan lisätä viljelykiertoon ilman, että se olennaisesti vähentää ravinnoksi tuotettavan sadon määrää, koska nurmen suotuisat vaikutukset parantavat maan kasvukuntoa pitkällä tähtäimellä. Nurmi sopii rakenteensa ja koostumuksensa puolesta hyvin biokaasulaitoksen raaka-aineeksi, ja mädätysjäätös voidaan ravinteineen palauttaa pellolle, jolloin tuotannon hyötysuhde ja talous paranee kun ostolannoitetta ei tarvita.

Bionurmi-hanke syntyi vastauksena tarpeisiin tuottaa kotimaista uusiutuvaa liikennepolttoainetta ja löytää uutta käyttöä nurmisadolle. Sellaisenaan hanke tukee kansallisia tavoitteita lisätä bioenergian tuotantoa, vähentää maatalouden ympäristökuormitusta, kehittää suljettuja ravinnekiertoja ja vähentää Suomen riippuvuutta fossiilisesta energiasta.

Nurmen hyödyntäminen biokaasun raaka-aineena on vielä vähäistä eikä monistettavissa olevia malleja vielä ole. Biokaasulaitoksen nurmirehun hankinnan osalta sovellettiin toimintamalleja, joita on käytännössä toiminnassa isojen karjatilojen ja kasvinviljelytilojen välillä nurmirehun tuotannossa ja karjanlannan hyödyntämisessä. Sopimusten rooli korostuu, kun toimintaan linkittyy suuri määrä toimijoita. Hankkeen työpajojen suosio ja virinnyt keskustelu osoittavat, että viljelijöillä on kiinnostusta biokaasuntuotantoon. Keskusteluissa korostuivat paikallisuus, yhteistyö ja omavaraisuus.

Hankkeessa ilmeni, että nykyisessä hinta- ja kustannustilanteessa nurmea hyödyntävä biokaasulaitos tarvitsee alkutilanteessa taloudellista tukea enemmän kuin mitä tämänhetkiset tukimuodot mahdollistavat. Kuitenkin on osoitettavissa, että tuentarve vähenee selvästi, kun biokaasun käyttö liikennepolttoaineena yleistyy. Myös tukimuotoja tulisi tarkastella laajemmin yhteiskunnallisten hyötyjen näkökulmasta, eikä puhtaasta bioenergian tuotannon näkökulmasta.

Hanke toteutettiin Euroopan maaseuturahaston ja alueen ELY-keskusten (Häme, Uusimaa ja Kaakkois-Suomi) sekä MTT:n rahoittamana vuosina 2010–2014. Kiitämme kaikkia työhön osallistuneita kumppaneita, rahoittajia, hankkeen ohjausryhmää sekä hankkeen työpajoihin osallistuneita viljelijöitä sekä sidosryhmäläisiä hyvästä yhteistyöstä.

Kesäkuussa 2014

Markku Järvenpää

Ohjausryhmän puheenjohtaja

Arja Seppälä

Vastaava tutkija

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	8
1.1 Nurmelle kaivataan uusia käyttömuotoja	8
1.2 Nurmirehu on tasainen syöte biokaasuprosessiin.....	9
1.3 Biokaasua liikennekäyttöön	10
1.4 Bonurmi-hankkeen tavoitteet	11
1.5 Lähteet.....	11
2 Toimintakonsepti: nurmirehun hankinta biokaasu-laitokselle ja käsittelyjäännöksen hyödyntäminen peltoviljelyssä.....	13
2.1 Lähtöoletukset	13
2.2 Voiko biokaasulaitos ostaa säilörehua?.....	13
2.3 Biokaasulaitos hankkii nurmirehun sopimustuotantona.....	13
2.4 Biokaasunurmen korjuuketjut	14
2.5 Biokaasunurmen korjuun ajoittaminen	14
2.6 Säilöntäainevalinnat biokaasulaitoksen säilörehun säilönnässä.....	16
2.7 Käsittelyjäännöksen hyödyntämien lannoitteena	16
2.7.1 Käsittelyjäännöksen ravinteet hyödynnetään nurmentuotannossa	16
2.7.2 Koetoiminta mädätysjäännöksen ravinteiden hyväksikäytöstä.....	16
2.7.3 Kasvibiomassan mädätysjäännöksen typen ja fosforin käyttökelpoisuus	18
2.8 Lähteet.....	18
3 Nurmen merkitys kasvinviljelytilan viljelykierrossa.....	19
3.1 Kirjallisuustutkimus nurmen vaikutuksesta viljelykierrossa.....	19
3.1.1 Vaikutus maan rakenteeseen	19
3.1.2 Vaikutus kasvinsuojelutarpeeseen	21
3.1.3 Lannoitustarve nurmiviljelyn jälkeen.....	23
3.1.4 Kirjallisuus:.....	26
3.2 Viljasadon määrä nurmivuoden jälkeen	28
3.2.1 Kirjallisuuden ja lohkotietopankkiaineiston perusteella	28
3.2.2 Bionurmi-hankkeen viljelykiertokokeet hankealueella.....	31
3.3 Nurmen viljelyyn on paljon kannustimia -yhteenveto	38
3.4 Lähteet.....	38
4 Vaihtoehtoisia korjuuketjuja	39
4.1 Ajosilppuriketjun ja kanttipaalausketjun työntutkimus.....	39
4.2 Säilöntäkoee, säilöheinää biokaasulaitokselle	44
4.3 Lähteet.....	46
5 Millä ehdoin biokaasunurmen tuottaminen kiinnostaa kasvinviljelytilaa	47
5.1 Viljelykiertojen taloudellinen mallinnus	47
5.2 Johtopäätöksiä viljelykiertoalinoista	58
5.3 Lähteet.....	59
6 Viljelijätyöpajojen ja paneelikeskustelun yhteenveto	60
6.1 Työpaja Lappeenrannassa	60
6.1.1 Kenen pelloilla kasvaisi biokaasunurmea?	60
6.1.2 Mitkä voisivat olla kannustimet?	60
6.2 Työpaja Nastolassa.....	61
6.3 Loppuseminaarin paneelikeskustelu.....	63
6.3.1 Paikallisesti toimivat ratkaisut	63
6.3.2 Liikennebiokaasun valmistuksen kannattavuuden parantaminen	63
6.3.3 Ympäristöhyödyt.....	63
6.3.4 Käsittelyjäännöksen tuotteistaminen ja biojalostamokonsepti.....	63
7 Nurmibiokaasulaitoksen talous.....	65
7.1 Nurmenviljelyn ja käsittelyjäännöksen hyödyntämisen kustannukset.....	65
7.1.1 Peltojen hallinta ja kustannusten kohdistuminen	65

7.1.2 Taustaoletukset nurmenviljelystä.....	66
7.1.3 Biomassakustannukseen vaikuttavat tekijät.....	66
7.1.4 Yhteenveto korjuukustannuksesta.....	69
7.2 Laskentaperusteet biokaasulaitoksen taloustarkastelussa	70
7.3 Nurmibiokaasun tuotantokustannus	71
7.4 Kannattavan tuotannon edellytykset	73
7.5 Lähteet.....	78
8 Tukijärjestelmän toteutus	79
8.1 Järjestelmän rajaus	79
8.2 Tukitason määrittely ja kannustavuus.....	79
8.3 Järjestelmään sitoutuminen	80
8.4 Saastuttaja maksaa	80
8.5 Hallinnolliset kustannukset	80
8.6 Tukijärjestelmän vaikutus fossiilisten liikennepolttoaineiden hintaan.....	80
8.7 Vaikutus liikennepolttoaineista kerättäviin verotuloihin	81
8.8 Vaikutus vaihtotaseeseen	83
8.9 Lähteet.....	84
9 Biokaasulaitosten esimerkkisijaintipaikat hankealueella	85
9.1 Laitospaikat nurmen tarjontapisteisiin	85
9.2 Raaka-aineen kartoitus	85
9.3 Potentiaalinen kartoitus.....	86
9.4 Biokaasulaitosehdokkaiden valinta ja talouslaskennan syöte-tietojen laskenta.....	87
9.5 Johtopäätökset pellon riittävydestä ja potentiaalista	90
9.6 Lähteet.....	90
10 Nurmibiokaasu kansantalouden näkökulmasta	91
11 Tulevaisuuden mahdollisuudet – ehdotukset jatkohankkeiksi	93
11.1 Nurmirehun arvokomponenttien erottaminen ennen biokaasuprosessia.....	93
11.2 Investointikustannusten pienentäminen	93
11.3 Käsittelyjäännöksen ravinteiden tuotteistamista tulee edistää	94
11.4 Biomassa-Atlas – Biomassojen kestävä käyttö ja suunnittelun työkalu	94
11.5 Säilörehusadon vaihteluun varautuminen rehusäilöntää kehittämällä	95
11.6 Biologisen typensidonnan hyödyn kohdentaminen mädätysjäännöksen kautta.....	95
11.7 Nurmibiokaasun brändäminen osana tuotantokonseptia, lisäarvoa kuluttajalle.....	96
11.8 Viljelykiertovaikutusten selvittäminen tietokantojen avulla.....	96
11.9 Lähteet.....	96
12 Hankkeen julkaisu	97
12.1 Esitykset netissä:	97
12.2 Kirjalliset julkaisu	97

1 Johdanto

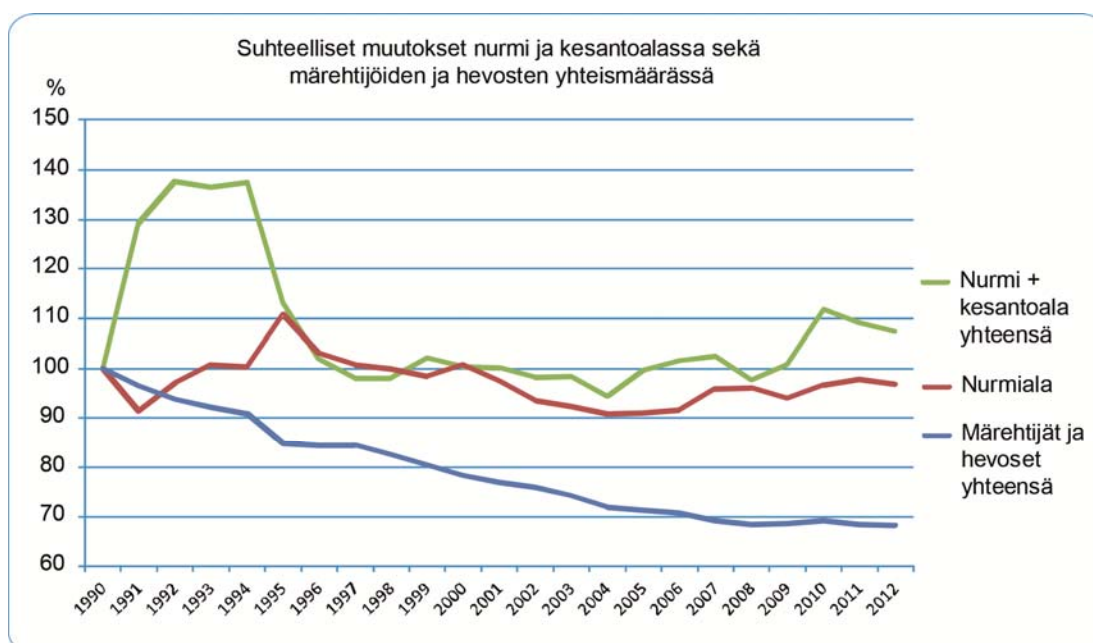
Arja Seppälä ja Sari Luostarinen

1.1 Nurmelle kaivataan uusia käyttömuotoja

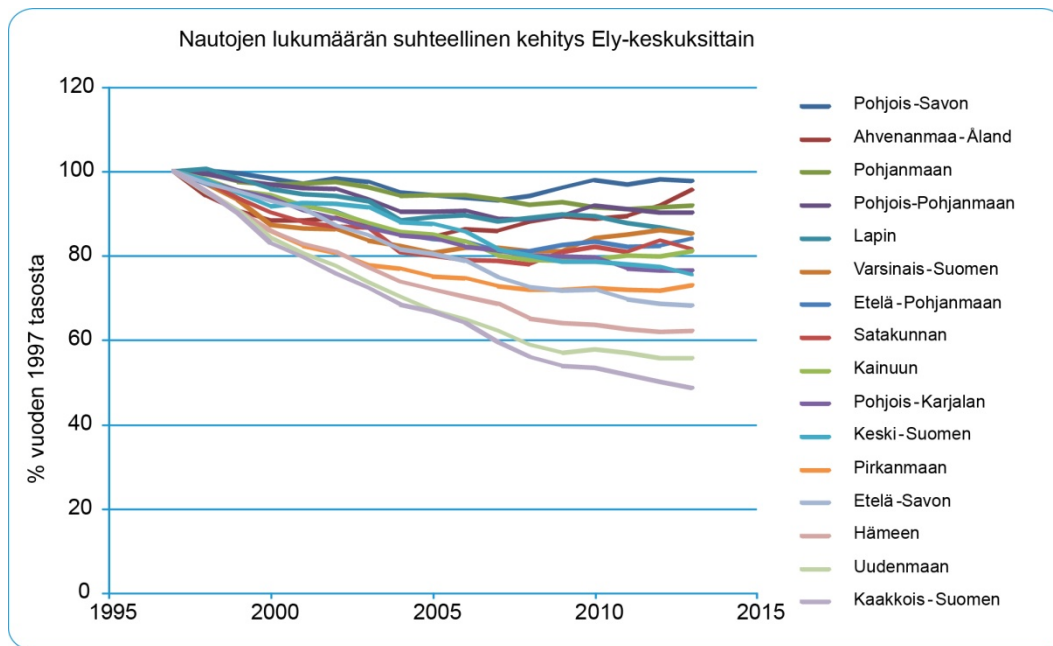
Nurmi osana viljelykiertoa on perinteinen keino huolehtia peltomaan rakenteesta. Myös monet toimet maataloustukijärjestelmässä ovat kannustaneet kasvinviljelytiloja lisäämään nurmea viljelykiertoon, kuten tuki talviaikaiselle kasvipeitteisyydelle, viljelyn monipuolistamiselle tai luonnonhoitopellon tai suoja-vyöhykkeiden perustamiselle. Lisäksi luomutuotannossa viherkesanto on keskeinen osa viljelykiertoa.

Suomessa valtaosa tuotetusta nurmirehusta korjataan säilörehuksi ja hyödynnetään nautojen ruokinnassa. Nautojen lukumäärä on kuitenkin pienentynyt maassamme viime vuosikymmeninä kun taas nurmiviljelyssä oleva pinta-ala on säilynyt suunnilleen ennallaan (Kuva 1, Maataloustilastot 2013, TIKE). Vertailemalla suhteellisia muutoksia kotieläinten määrissä ja pellon käytössä, voidaan havaita, että nurmiala on Suomessa pysynyt suunnilleen ennallaan, mutta nurmea hyödyntävien eläinten lukumäärä on laskenut selvästi. Eläinten lukumäärän muutoksesta laskettu intensiteetin lasku vastaa 205 000 hehtaaria nurmea verrattuna vuoteen 1990. Kun tähän lisätään kesantoala (267 000 ha), johon sisältyvät myös luonnonhoitopellot, saadaan yhteismääräksi 472 000 ha. Näin saatu luku on hyvin lähellä aiempia arvioita (500 000 ha) siitä peltomäärästä, jolla voitaisiin viljellä energiakasveja ruuantuotannon siitä vaarantumatta. Ala vastaa viidennestä käytettävissä olevasta maatalousmaasta.

Häme, Uusimaa ja Kaakkois-Suomi valikoituivat hankkeen kohdealueeksi, sillä erityisesti näillä alueilla olisi tarvetta nurmirehun uusille käyttömuodoille. Näissä maakunnissa nautojen lukumäärän lasku on ollut suhteellisesti kaikkein nopeinta ja kokonaisuutenaan kotieläintiheys peltoalaan suhteutettuna on alhaisempi (0,11–0,23 ey/ha) kuin muualla Suomessa keskimäärin (keskimäärin 0,36 ey/ha, vuoden 2008 arvoilla). Alueen mahdollisuuksia biometaanintuotannon edelläkävijänä lisää myös alueella sijaitseva maakaasuverkosto, joka varmistaisi laajan jakeluverkoston liikennekäyttöön tuotetulle biometaanille.



Kuva 1. Suhteelliset muutokset märehtijöiden ja hevosten yhteismäärässä, nurmen määrässä ja kesannon määrässä vuoteen 1990 verrattuna. Lähde: Maataloustilastot, TIKE.



Kuva2. Nautojen lukumäärän suhteellinen kehitys ELY-keskuksittain vuoteen 1997 verrattuna. Lähde: Maataloustilastot, TIKE.

Mitä haittoja siitä on, jos nurmirehulle ei ole käyttöä?

- Ympäristötuki (2007-2013) on kannustanut ottamaan nurmea viljelykiertoon, mutta näiden toimenpiteiden mielekkäisyys kärsii, jos sadolle ei ole mitään käyttöä.
- Erityisesti nurmen kakkossadolle ei aina ole käyttöä, mutta se pitää silti korjata jos ei haluta vaarantaa seuraavan kesän laadukasta säilörehusatoa
- Viljelijät ovat tietoisia nurmenviljelyn edullisesta vaikutuksesta maan rakenteeseen – mutta ilman sadolle saatavaa hintaa nurmen lisääminen viljelykiertoon ei ole kovin houkutteleva vaihtoehto.
- Luomuun siirtyvät kasvinviljelytilat harmittelevat myös usein, kun viherkesantovuosien sadolle ei ole ostajaa
- Yksipuolisempi viljely

1.2 Nurmirehu on tasainen syöte biokaasuprosessiin

Peltobiomassojen hyödyntäminen biokaasulaitoksen syötteenä ympärivuotisesti edellyttää Suomessa varastointia. Nurmirehun osalta säilöntä on lähes välttämättömyys, sillä niittotuoreena rehu on erittäin nopeasti pilaantuvaa, edes kotieläinten ruokinnassa ns. niittoruokinta ei ole kovin yleistä. Säilörehun energiatisäilytykseen vaikuttavat eniten kuiva-ainepitoisuus, tuhkapitoisuus ja rehun sulavuus. Nämä voidaan rehusta määrittää jo säilöntävaiheessa, joten laitoksen syöttö voidaan suunnitella jopa kuukausia etukäteen.

Nurmisadon määrässä esiintyy vuosien välistä vaihtelua, esim. lajikekoeaineistossa keskihajonta on ollut 11 % keskisadosta (Kässi ja Seppälä 2012). Käytännössä vuosienvälistä vaihtelua voidaan tasata mitoittamalla siilokapasiteetti esim. 30–50 % vuotuista kulutusta suuremmaksi. Nurmisäilörehu siis mahdollistaa tasaisesti ympäri vuoden toimivan biokaasuprosessin.

Nurmisäilörehu biokaasulaitoksen syötteenä	
Edut	Haasteet
- Viljelyvarma kasvi	- Korkea kuiva-ainepitoisuus – tarvitaan esim. lietelantaa sekaan tai reaktorityyppi pitää valita korkealle kuiva-aineelle sopivaksi
- Viljelytekniikka osataan ja urakointipalveluja olemassa	- jos apilaa paljon, typpipitoisuus voi nousta korkeaksi
- metaanituotto 5-7 -kertainen lietelantaan verrattuna /tuorettonni	- Käsittelyjäännöksen ravinteiden täysimääräinen hyödyntäminen viljelykierrossa märkinä kesinä
- nurmella hyvä imago, ympäristöedut + vaikutus maan rakenteeseen	- Maailmalla vain harvoja laitoksia, joista tekniikkaa ja toimintatapoja voitaisiin kopioida

1.3 Biokaasua liikennekäyttöön

Euroopan Unionin tavoite biopolttoaineiden osuudelle liikennekäytössä on 10 % kaikesta käytetystä bensiinistä ja dieselistä vuoteen 2020 mennessä. Tavoite koskee kaikkia EU-maita (2009/28/EY). Lisäksi EU asettaa vaatimuksia biopolttoaineiden kestävyydelle (2009/28/EY). Biopolttoaineita koskevaa direktiiviä ollaan muuttamassa huomioimaan entistä paremmin maankäytönmuutoksista johtuvat ympäristövaikutukset (KOM 2012 595 lopull.).

Suomen tavoite on täyttää EU:n minimivaatimus, 10 % liikenteen polttoaineista uusiutuvista lähteistä 2020 mennessä. Pitkän aikavälin ilmastostrategiassa (2008) tarvittu biopolttoaineiden energiamäärän arvioitiin olevan 6 TWh.

Biokaasu soveltuu liikennekäyttöön, kun sen metaanipitoisuus nostetaan >90 %:iin. Tällöin se vastaa jotakuinkin maakaasua (metaanipitoisuus 98 %) ja voidaan käyttää kaasukäyttöisten autojen polttoaineena. Erilaisten arvioiden mukaan Suomen lannat, kasviperäiset jätteet, kaatopaikkakaasu, jätevedet ja biojätteet tuottaisivat 4 600–15 900 GWh biometaania, joka taas riittäisi noin 300 000–1,1 miljoonan henkilöauton polttoaineeksi vuosittain (Lampinen 2003; Asplund ym. 2005; Tähti & Rintala 2010). Pelkästään Turun alueella potentiaali on 1 030 GWh/vuosi, mikä riittäisi 104 200 henkilöautolle (Rasi ym. 2012). Tästä noin 300 GWh voitaisiin tuottaa alueella tuotetusta nurmisäilörehusta.

Biokaasun polttoainekäytön kestävyys riippuu käytetyistä raaka-aineista. Jätepohjaisilla raaka-aineilla (lanta, kasvintuotannon jätteet, jätevedet, biojäte) kestävyyskriteerit yleensä saavutetaan, sillä niiden elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat luokkaa 80 % vähemmän kuin korvaavilla fossiilisilla polttoaineilla (2009/28/EY). Vertailuksi esimerkiksi palmuöljypohjaisen biodieselin ja vehnäpohjaisen bioetanolin päästövähennys on noin 50 % (ilman maankäytönmuutoksia). Nurmen käytön kestävyys biopolttoainetuotannossa riippuu sen tuotantotavasta. Mikäli sen tuotanto aiheuttaa merkittäviä maankäytönmuutoksia, kestävyyskriteereiden saavuttaminen käy haasteellisemmaksi, mutta mikäli sitä tuotetaan muun tuotannon ohessa (mm. olennaisena osana viljan viljelykiertoa ja ilman muuta käyttötarkoitusta) kestävyys saavutetaan todennäköisemmin. Kestävyyden arviointi tulevaisuudessa tulee riippumaan voimakkaasti kaavailuista muutoksista EU:n biopolttoainetuotannon kestävyyskriteereihin (KOM 2012 595 lopull.).

BIONURMI hanke syntyi koska:

- Nurmi on hyvä välikasvi viljaviljelyssä
- Nurmibiomassan potentiaali liikennepolttoaineen bio-osuuden tuottamiseen on kilpailukykyinen ja varteenotettava vaihtoehto
- Nurmenviljelyssä on mahdollisuus tehostamisen kautta laskea tuotantokustannuksia
- Biokaasulaitos voisi tasoittaa nurmen tuotannossa olevia piikkejä ja näin edesauttaa nurmirehuilla tehtävää kauppaa ja sopimustuotantoa
- Biokaasulaitoksesta palautuva käsittelyjäänös on erinomainen lannoite
- Biokaasulaitos mahdollistaa palkokasvien sitoman tyyppien järkevän siirtämisen viljaviljelyyn
- Suljettuun ravinnekiertoon perustuva biokaasunurmen viljelyn kilpailukyky parantuu viljaviljelyyn verrattuna, mikäli öljyn hinta nousee nykyisestä

1.4 Bonurmi-hankkeen tavoitteet

1. Selvittää millä edellytyksillä Hämeen, Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen ELY-keskusten alueelle voisi syntyä paikallisia nurmibiomassaa hyödyntäviä biokaasulaitoksia (taloudellinen kannattavuus ja optimaalinen sijainti, tukipolitiikka)
2. Selvittää nurmibiomassaa hyödyntävien paikallisten biokaasulaitosten vaikutukset kohdealueen maataloilta, aluetaloudelle, kansantaloudelle ja ruuantuotannon kilpailukykyille
3. Selvittää mahdollisuudet tehokkaaseen nurmibiomassan tuotantoon
4. Selvittää nurmen sopimustuotantoon ja nurmirehukauppaan liittyvät käytännöt ja luoda ohjeistuksia nurmensopimustuotantoon kerättyjen tietojen pohjalta
5. Selvittää nurmibiomassaa hyödyntävän biokaasulaitoksen vaikutukset ympäristöön, kun huomioidaan viljelyn monipuolistumisen ja ravinnekierron vaikutukset
6. Viedä hankkeessa kertynyt tieto nurmibiomassaa hyödyntävien biokaasulaitosten tarjoamista mahdollisuuksista alueen päättäjille, maatalousyrittäjille ja biokaasualan toimijoille

1.5 Lähteet

- Asplund, D., Korppi-Tommola, J. & Helynen, S. 2005: Uusiutuvan energian lisäysmahdollisuudet vuoteen 2015. Kauppa- ja teollisuusministeriön selvityksiä ja raportteja. Kestävä kehitys ja ympäristö.
- Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.
- Kässi, P., Seppälä, A. 2012. Production cost of excess silage for bioenergy in Finnish cattle farms. In: Proceedings of the XVI international silage conference, Hämeenlinna, Finland, 2–4 July 2012 / Edited by K.Kuoppala, M.Rinne and A.Vanhatalo. Jokioinen, Helsinki: p. 462–463.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi_web_service/xvi_international_silage_conference/ISC2012_Proceedings_5July2012.pdf
- KOM 2012 595 lopull. Proposal for a directive of the european parliament and of the council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources
- McDonald, P., Henderson A.R. & Heron S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage. 2nd edition, Chalcombe Publications, Marlow, UK. 340 p.
- Lampinen, A. 2003: Jätteiden liikennekäyttöpotentiaali Suomessa. Kuntatekniikka 1/2003.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2008. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. http://www.tem.fi/files/25123/Ilmasto_ja_energia.pdf
- Rasi, Saija, Lehtonen, Eeva, Aro-Heinilä, Esa, Höhn, Jukka, Ojanen, Hannu, Havukainen, Jouni, Uusitalo, Ville, Manninen, Kaisa, Heino, Erja, Teerioja, Nea, Anderson, Reetta, Pyykkönen, Ville, Ahonen, Saana, Marttinen,

Sanna, Pitkänen, Sanna, Hellstedt, Maarit, Rintala, Jukka. 2012. From waste to traffic fuel -projects final report. Mtt raportti 50: 73 s.

TIKE 2013. Maataloustilastot. <http://www.maataloustilastot.fi/>

Tähti, H. & Rintala, J. 2010. Biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaali Suomessa. Jyväskylän Yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 90. 45 s.



2 Toimintakonsepti: nurmirehun hankinta biokaasu-laitokselle ja käsittelyjäännöksen hyödyntäminen peltoviljelyssä

Arja Seppälä, Pellervo Kässi ja Tapio Salo

2.1 Lähtöoletukset

Bionurmi-hankkeen taloustarkasteluja varten täytyi luoda konsepti nurmea hyödyntävän biokaasulaitoksen toiminnasta. Lähtökohtaisesti oletettiin, että biokaasulaitos ei omista peltoja eikä ole peltujen viljelijä. Lisäksi oletettiin, että biokaasulaitos pyrkii hankkimaan raaka-aineena käyttämänsä nurmirehun mahdollisimman edullisesti ja saamaan käsittelyjäännöksestä mahdollisimman suuren hyödyn. Nurmenhankinnan ja käsittelyjäännöksen hyödyntämisen osalta biokaasulaitoksella on paljon yhteistä isojen lypsykarjatilojen toimintamallien kanssa, mutta oman peltoviljelyn puuttuminen on selkein iso ero. Tässä hankkeessa etsittiin taloudellisesti optimaalista toiminnan mittakaavaa nurmirehua hyödyntävälle biokaasulaitokselle.

2.2 Voiko biokaasulaitos ostaa säilörehua?

Valtaosa maamme nurmirehusta korjataan kotieläintilojen toimesta tilojen omien eläinten ruokintaan. Säilörehun laadun kannalta ilmatiivis säilöntä on ehdoton edellytys laadun säilymiselle ja rehun siirto varastoinnin aikana on riski rehun laadulle. Pyörö- ja kanttipaalit ovat mahdollistaneet nurmirehukaupan yleistymisen, sillä paali itsessään on ilmatiivis säilö ja siirrot pyritään tekemään muoveja rikkomatta. Lehti-ilmoituksilla mainostetut rehuerät ovat kuitenkin pieniä ja useimmiten suunnattu erityisesti hevostilojen tarpeisiin (Ojala 2011). Sekä pyöröpaali että kanttipaali ovat pieniä varastoeria ja muovikustannus nostaa tarpeettomasti rehun hintaa ison yksikön toiminnassa. Nurmibiomassalla toimiva biokaasulaitos onkin nurmenhankinnan osalta rinnastettavissa isoon lypsykarjatalaan, joka pyrkii korjaamaan käyttämänsä nurmirehun tilakeskuksen läheltä tehokkaasti tavoitellen korkeaa satotasoa ja erinomaista säilöntäläätua. Edullisimmillaan lypsykarjatilojen nurmirehun tuotantokustannus (Peltonen 2010) on selvästi alhaisempi kuin lehti-ilmoituksin myytävä paalirehu, jonka hinta vastaa keskimääräistä tuotantokustannusta (Seppälä 2012). Nykymuodossaan markkinoilla tarjolla olevat rehuerät eivät vastaa biokaasulaitoksen raaka-ainetarpeeseen määrältään (liian vähän), laadultaan (usein liian kuivaa) tai hinnaltaan (liian kallista). Kuitenkin sekä nurmirehun tuottajat että urakoitsijat olisivat valmiita lisäämään nurmirehun tuotantoa, jos nurmirehulle olisi nykyistä enemmän kysyntää (Ojala 2011). Biokaasulaitoksen onkin syytä hankkia nurmirehu sopimustuotantona.

2.3 Biokaasulaitos hankkii nurmirehun sopimustuotantona

Biokaasulaitoksen syötebiomassan tarve on varsin tarkasti ennustettavissa etukäteen. Näin ollen biokaasulaitoksen on syytä pyrkiä sopimuksin varmistamaan, että laitoksen tarpeita vastaavaa nurmirehua on riittävästi saatavilla. Tämä mahdollistaa koko nurmentuotantoketjun sujuvan toiminnan ja tehokkaan tuotannon. Nurmirehun sopimustuotantoa edistämään on tehty sopimusmalleja (www.agronet.fi -> kasvi). Malleja luotaessa on tunnistettu kolme eri toimintatapaa:

1. Myydään valmis rehu varastosta
2. Pystykauppa, jossa ostaja vastaa korjuusta
3. Pystykauppa, jossa ostaja vastaa lannoituksesta ja korjuusta

Riippumatta toimintamallista biokaasulaitos joutuu tekemään tuotantosopimuksia lukuisten viljelijöiden kanssa, sillä esimerkiksi 1000 hehtaarin nurmialavaatimus on 20-kertainen hankealueen maatilojen kes-

kimääräiseen pinta-alaan verrattuna. Valmiin rehun ostamiseen liittyy haasteena laadun määrittäminen ja hinnoittelu eräkohtaisesti. Pystykauppaan liittyy haasteena satotason määrittäminen, mikä korjuusesongin keskellä voi olla haasteellista toteuttaa.

Toimintamallissa 3 ostaja vastaa nurmirehun lannoituksesta ja korjuusta eikä rahaa välttämättä liiku osapuolten välillä lainkaan. Tällöin biokaasuyrittäjä pääsee suoraan vaikuttamaan nurmirehun tuotantokustannuksen kannalta keskeisiin tekijöihin (konekustannus ja lannoitus) ja voi järjestää nurmen korjuun ja lannoituksen mahdollisimman tehokkaasti esim. urakoitsijoita hyödyntäen.

Toimintatapa 3 mahdollistaisi kasvinviljelytilalle nurmenviljelyn osaksi viljelykiertoa ilman panostusta nurmenviljelyn koneisiin tai nurmirehun markkinointiin. Vaihtoehto voi olla erityisen kiinnostava, jos on tarvetta pienentää viljelijän omaa työmäärää tai oma konekalusto on vanhentunutta. Tuet jäävät tässä tapauksessa viljelijälle. Viljelijän puolelta sopimusehtoihin on syytä sisältyä maininta, että viljelytoimenpiteet toteutetaan tukiehtojen mukaisesti ja tarvittava kirjanpito esim. lannoitusmääristä toimitetaan viljelijälle. Biokaasulaitoksen näkökulmasta sopimuksen solmimisen ehtoina ovat biokaasulaitoksen läheisyys, isot selkeät lohkot, hyvät peltotiet ja pellon peruskunto (huomioituna ojitus, pH ja kivisyys). Näistä ehdoista useimmat tulivat esille myös urakoitsijakyselyssä (Ojala 2011).

Onnistuessaan sopimustoiminnassa biokaasulaitos voisi saada tarvitsemansa nurmirehun korjuun ja lannoituksen kustannuksella unohtamatta varastotiloja ja siirtokuljetuksia. Näissä kaikissa kustannuserissä iso tuotantomäärä laskee yksikköhintaa nykyisiin Suomessa tilastoituihin tuotantokustannuksiin verrattuna, varsinkin jos biokaasulaitos pääsee toimimaan pelkästään isoilla selkeillä lohkoilla. Lannoituksen kannalta oleellista on hyödyntää käsittelyjäännöksen ravinteet täysimääräisesti.

2.4 Biokaasunurmen korjuuketjut

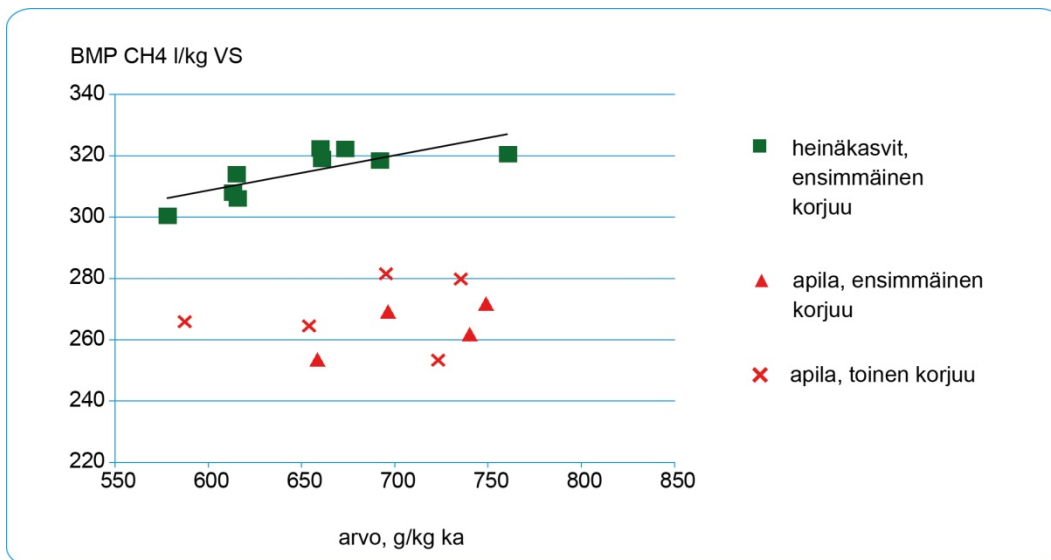
Nurmirehun korjuuseen on olemassa useita erilaisia korjuuketjuja. Biokaasulaitoksen tavoitteena on korjata nurmirehua biokaasulaitoksen läheisyydestä tehokkaasti ja edullisesti. Yleisesti isoimmilla karjatiloilla käytetään ajosilppuriketjua ja laakasiiloja, kun pyritään tuottamaan edullista laadukasta rehua paljon. Kuljetusmatkan kasvaessa myös muut korjuumenetelmät saattavat tulla kyseeseen. Ajosilppuriketju ei myöskään sovellu pienille hankalan muotoisille lohkoille.

Tässä hankkeessa tuotettiin tietoa laskelmien tausta-aineistoksi sekä ajosilppuriketjusta että kanttipaalausmenetelmästä. Biokaasulaitoksen biomassan hankinnassa oletettiin kuitenkin käytettävän tehokasta ajosilppuriketjua, jonka kapasiteetti hyödynnetään mahdollisimman täysimääräisesti.

2.5 Biokaasunurmen korjuun ajoittaminen

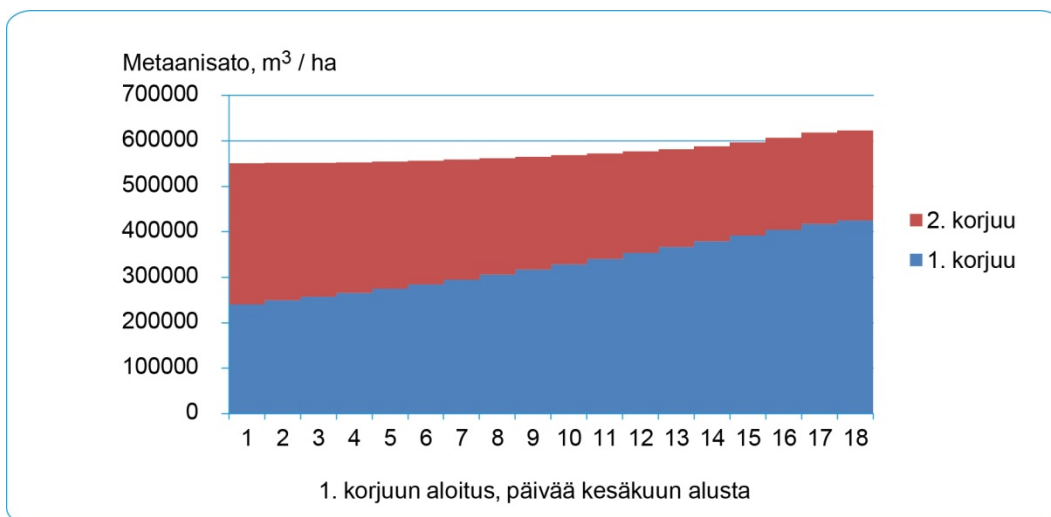
Korjattaessa nurmea lypsylehmien rehuksi nurmisato korjataan Etelä-Suomessa tyypillisesti kolme kertaa kesän aikana, kun tavoitellaan hyvin sulavaa satoa. Lypsykarjatilojen nurmen korjuun ajoittamista ohjaa vahvasti ensimmäisen sadon sulavuuden nopea lasku. Käytännössä lypsylehmän ruokintaan soveltuvan rehun ensimmäisen sadon korjuun optimiajoitus on ohi alle viikossa. Lyhyt korjuusesonki laskee konekaluston käyttöastetta ja näin välillisesti nostaa nurmirehun tuotantokustannusta.

Biokaasulaitoksen nurmenkorjuuta suunniteltaessa on oleellista tietää, miten biokaasulaitoksen nurmen korjuun tulee ajoittaa. Tämän selvittämiseksi metaanintuottopotentiaali (BMP) mitattiin nurmisäilörehunäytteistä, joiden sulavuus tiedettiin. Tulokseksi saatiin selvä yhteys heinäkasvisäilörehun sulavuuden (D-arvo) ja metaanintuottopotentiaalinvälille. Sen sijaan apilarehun osalta tilastollisesti merkitsevää yhteyttä näiden parametrien välille ei havaittu (Kuva 3). Saatua korrelaatio yhdistettiin olemassa olevaan tietoon nurmisadon määrän ja laadun kehityksestä (Seppälä ym. 2013).



Kuva 3. Sulavuuden (D-arvo) ja metaanintuottopotentiaalin (BMP) välinen yhteys heinäkasveilla ja apilalla.

Heinäkasveista tehdyn säilörehun metaanintuottopotentiaali oli noin $314 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{t-TS}$ ja puhtaan apilasäilörehun metaanintuottopotentiaali oli noin $262 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{t-TS}$, eli noin 16 % alhaisempi kuin heinäkasveilla. Vaikka heinäkasvuston metaanintuottopotentiaalin ja sulavuuden eli D-arvon välillä on selvä yhteys ($R= 0.79$) on heinäkasvuston sulavuuden muutoksen merkitys metaanintuottopotentiaaliin kuitenkin varsin mitätön. Esim D-arvon lasku 700:sta 600:aan jota lypsylehmien ruokinnassa pidetään erittäin merkittävänä muutoksena aiheuttaa tämän aineiston perusteella ainoastaan noin 5 %:n laskun säilörehun metaanintuottopotentiaalissa. Apilasäilörehun D-arvon ja metaanintuottopotentiaalin välillä ei ollut yhteyttä, sen sijaan heinäkasveista tehdyn säilörehun metaanintuottopotentiaali voidaan varsin luotettavasti ennustaa D-arvon perusteella. D-arvo yksinään ei selitä riittävästi heinä-apila-seoskasvuston metaanintuottopotentiaalia, vaan tarvitaan lisäksi ainakin tietoa apilan osuudesta



Kuva 4. Korjatun nurmisäilörehun kokonaismetaanisaannon riippuvuus nurmen ensimmäisen sadonkorjuun ajoittumisesta kahden korjuukerran systeemissä.

Laskelman tulosten perusteella voidaan todeta, että biokaasulaitos voi ajoittaa nurmenkorjuun joustavasti, sillä korjuun myöhästymisen vuoksi pienentynyt sulavuus kompensoituu satomäärän kasvulla (Kuva 4). Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että biokaasulaitos ja lypsykarjatila voivat hyödyntää samaa konekalustoa, jolloin biokaasulaitoksen tarvitsema rehu korjattaisiin myöhemmin kuin lehmien ruokintaan menevä rehu. Mikäli korjuukalusto on pelkästään biokaasulaitoksen käytettävissä, voitaisiin korjuu jaksottaa kattamaan lähes kaikki kesän sääoloiltaan kelvolliset päivät, jolloin kaluston käyttöaste saadaan maksimoitua.

2.6 Säilöntäainevalinnat biokaasulaitoksen säilörehun säilönnässä

Suomessa säilörehun säilönnässä käytetään tyypillisesti säilöntäaineita varmistamassa säilönnän onnistumista. Säilöntäaineita on markkinoilla kymmenittäin ja ne voidaan jaotella toimintatavaltaan kolmeen erilaiseen ryhmään: hapot, suolat ja biologiset säilöntäaineet, joita ovat erilaiset maitohappobakteeriympörien ja entsyymien yhdistelmät. Lypsylehmien ruokinnassa rehun maittavuus korostuu säilöntäainevalintaa tehtäessä, sen sijaan biokaasulaitoksen kyseessä olleessa tärkein kriteeri on säilönnän aikaisten tappioiden minimointi (Seppälä 2013). Eri säilöntäainein säilöttyjen rehujen metaanintuottopotentiaaleissa havaitut erot ovat olleet tutkimuksissa pieniä tai merkityksettömiä (Nussbaum, 2009, Pieper ja Korn, 2010, Seppälä ym. 2013).

Siilon avaamisen jälkeen tapahtuva lämpeneminen saattaa aiheuttaa jopa yli 10 % tappiot (Seppälä ym. 2013b), joten säilöntää yksinomaan homofermentatiivisella (eli pelkästään maitohappoa tuottavalla) ympäristöllä ei voi suositella rehulle, joka altistuu useiden päivien ajan hapelle ennen käyttöä. Rehun pilaantumisherkkyteen siilon avaamisen jälkeen vaikuttaa toki myös mm. siilon syöttönopeus ja rehun tiiveys. Säilöntäkokeessa (Seppälä ym. 2013b) saavutettiin pienimmät kokonaistappiot (2,4 %) AIV 2 Plus –säilöntäaineella, kun kokonaistappiot mitattiin liki 11 vuorokautta siilon avaamisen jälkeen huomioiden myös siilon avaamisen jälkeen tapahtuneet tappiot. Myös heterofermentatiivinen Buchneri pienensi kokonaistappioita verrattuna kontrolliin, jossa ei ollut käytetty säilöntäainetta (tappiot 3,8 % Buchenerilla ja 6,7 % kontrollilla). Heterofermentatiivinen maitohappobakteerikanta (kuten Buchneri) tuottaa käymisen lopputuotteena maitohapon ohella myös esim. etikkahappoa, joka hidastaa aerobisen mikrobiston kasvua siilon avaamisen jälkeen.

Biokaasulaitos pystyy todennäköisesti kilpailuttamaan tehokkaasti säilöntäainetoimittajat, jolloin säilöntäaineen hinta jää edullisemmaksi, kuin mitä listahinnat (1,7–4,6 €/rehu t). Säilöntäaineen käytön mielekkäisyys riippuu lisäksi rehun tuotantokustannuksesta. On huomioitava, että tappiot saattavat muodostua selvästi suuremmiksi, mikäli säilönnässä selvästi epäonnistutaan. Biokaasulaitoksen on syytä pyrkiä tekemään säilöntätö huolellisesti, jotta teknisesti säilönnän onnistuminen on mahdollista. Suomessa säilörehuosaaminen on korkealla tasolla ja tätä osaamista on syytä hyödyntää.

2.7 Käsittelyjäännöksen hyödyntämien lannoitteena

2.7.1 Käsittelyjäännöksen ravinteet hyödynnetään nurmentuotannossa

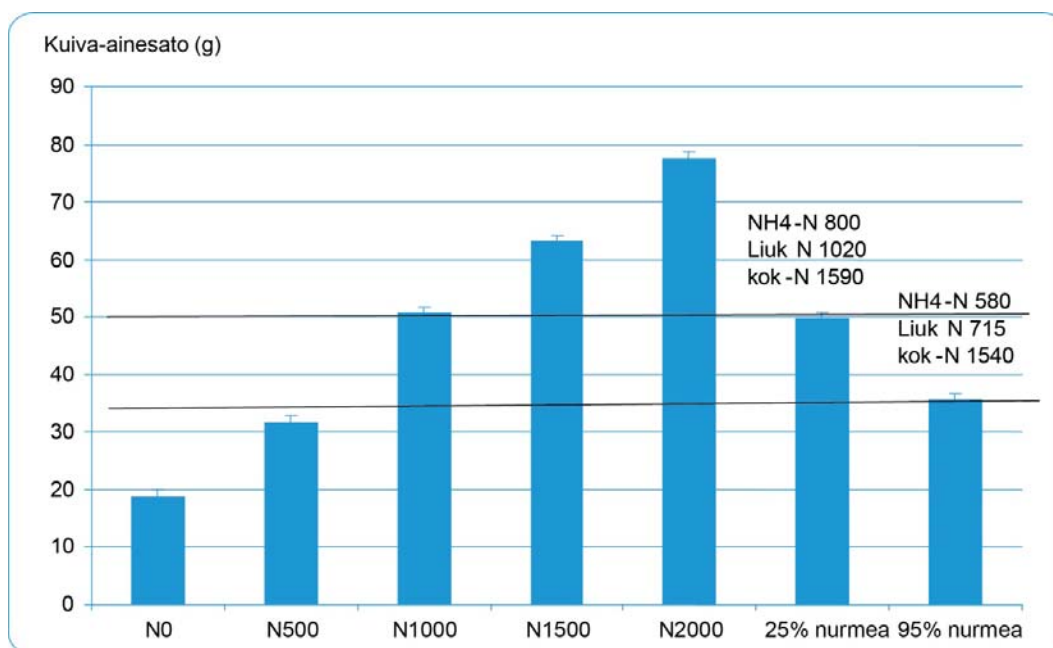
Biokaasuprosessissa ravinteet säilyvät ja ne voidaan palauttaa peltoviljelyyn. Toimintakonseptissa on oletettu, että käsittelyjäännöksen ravinteet hyödynnetään täysimääräisesti peltoviljelyssä huomioiden kuitenkin väistämättömät tappiot typen osalta. Biokaasulaitoksen käsittelyjäännös separoidaan. Nestejäte hyödynnetään nurmien lannoituksessa ja kuivajäte hyödynnetään suojaviljavuosina.

2.7.2 Koetointa mädätysjäännöksen ravinteiden hyväksikäytöstä

Kasvibiomassaa sisältävien käsittelyjäännösten ravinteiden käyttökelpoisuutta arvioitiin ensiksi laboratorioanalyysien perusteella. Syöttöseos, jonka orgaanisen aineen sisällöstä 95 % oli heinänurmea (tuorepaimasta ~62 %) ja 5 % biojätettä ja puhdistamolietettä, ammoniumtypen ($\text{NH}_4\text{-N}$) osuus kokonaistypestä (N_{tot}) oli 3,7 %. Biokaasureaktorikäsittelyn (n. 35 °C) jälkeen mädätysjäännöksen $\text{NH}_4\text{-N}$ -pitoisuus oli keskimäärin 44 % kokonaistypestä (N_{tot} 4,5 g/kg, $\text{NH}_4\text{-N}$ 2,0 g/kg). Mädätysjäännöksessä, jonka raaka-aineen orgaanisesta aineesta 25 % oli nurmisäilörehua ja loput lantaa, $\text{NH}_4\text{-N}$:n osuus oli 60–70 % (N_{tot} 2,0–2,2 g/kg, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1,2–1,5 g/kg). Fosforia oli 0,3 g/kg, josta liukoista 1 %. Vastaavasti käsittelyjäännöksessä, jossa nurmisäilörehun sijaan oli ruokohelpeä, $\text{NH}_4\text{-N}$:n osuus oli 50–60 % (N_{tot} 3,1–3,2 g/kg, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1,6–1,9 g/kg) ja fosforia 0,5–0,6 g/kg, josta liukoista keskimäärin 10 %. Ruokohelpeessä fosforia oli vähintään kaksinkertainen määrä nurmisäilörehuun verrattuna.

Säilörehun tai ruokohelven orgaanista typpeä näyttää muuttuvan runsaasti ammoniummuotoon, jolloin mädätysjäännöksen typpilannoitusvaikutus paranee. Vesiliukoisen fosforin osuus nurmisäilörehun (25%) ja lannan seoksessa on selvästi alhaisempi kuin lannassa yleensä. Nurmen tai ruokohelven vaikutus mädätysjäännöksen fosforin vesiliukoisuuden alenemiseen vaatii lisäselvityksiä. Teoriassa vesiliukoisuuden laskeminen vähentäisi huuhtoutumisriskiä lyhyellä tähtäimellä.

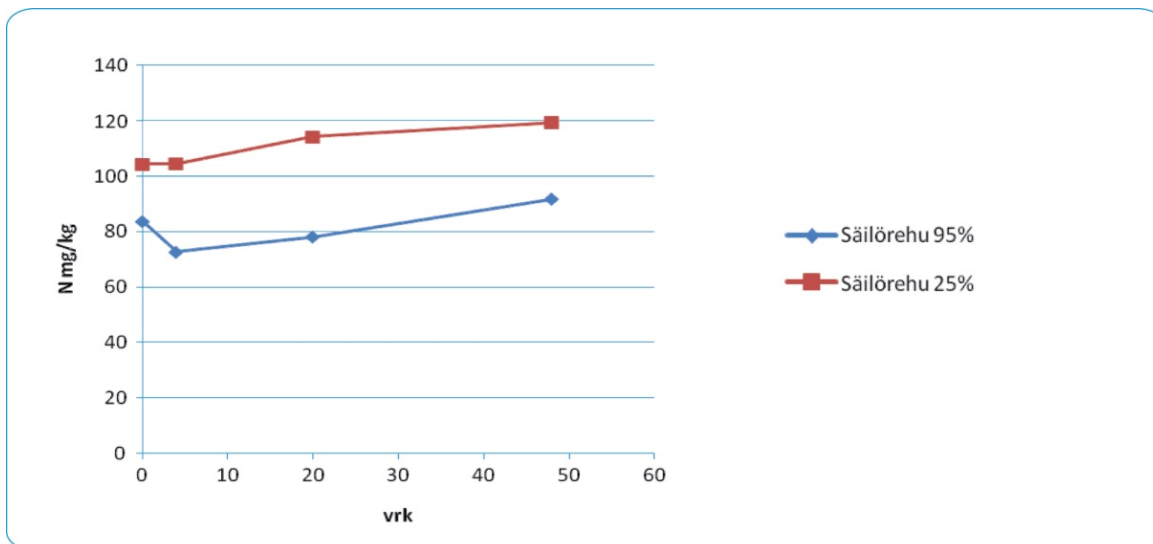
Syötteessä heinänurmea 25 % tai 95 % sisältäneiden mädätysjäännösten typpilannoitusvaikutusta testattiin astiakokeessa. Mädätysjäännösten sisältämän ammoniumtypen, vesiliukoisen orgaanisen typen ja kokonaistypen lannoitusvaikutusta verrattiin erisuuruisten typpilannoitustasojen tuottamaan raiheinän kasvuun. Heinänurmea 25 % ja lantaa 75 % sisältänyttä mädätysjäännöstä lisättiin koeastiaan 800 mg ammoniumtyyppiä ja 220 mg vesiliukoista orgaanista tyyppiä sisältänyt määrä. Mädätysjäännöksen typpilannoitusvaikutus vastasi 1000 mg typpilannoitusta, joten sekä ammoniumtyppi että vesiliukoinen orgaaninen typpi olivat kasvien käytettävissä (Kuva 5). Heinänurmea 95 % sisältäneessä mädätysjäännöksessä lisättiin koeastiaan 580 mg ammoniumtyyppiä ja 135 mg vesiliukoista orgaanista tyyppiä. Mädätysjäännöksen typpilannoitusvaikutus vastasi 570 mg typpilannoitusta, joten vain ammoniumtypen osuus oli kasvien käytettävissä nurmivaltaisessa mädätysjäännöksessä. Molempia mädätysjäännöksiä lisättiin astioihin 1500 mg kokonaistypin määrää vastaavasti, ja orgaanisesta veteen liukenemattomasta tyypistä ei ravinnevaikutusta havaittu.



Kuva 5. Nurmea sisältävien mädätysjäännösten vaikutus raiheinäsatoon verrattuna typpilannoitustasoihin

Mädätysjäännösten orgaanisen typen vapautumisnopeuden määrittämiseksi 100 g maanäytteisiin lisättiin 4,4 (95 % nurmea) tai 7,7 g (25 % nurmea) mädätysjäännöksiä, jolloin kokonaistypen lisäys oli 20 mg 100 maagrammaa kohti. Maanäytteet otettiin kokeen alussa, 4, 20 ja 48 vrk jälkeen kolmena toistona, ja maanäytteistä määritettiin maan epäorgaanisen typen pitoisuudet 2 M KCl- uutolla. Maanäytteiden epäorgaanisen typen pitoisuudet vastasivat inkubaation alussa mädätysjäännösten sisältämää ammoniumtyppilisäystä (Kuva 6).

Nurmipitoinen mädätysjäännös ei vaikuttanut maan epäorgaanisen typen määrään ensimmäisen kolmen viikon (20 vrk) aikana. Vasta kokeen lopussa seitsemän viikon jälkeen (48 vrk) maan epäorgaanisen typen määrä oli lisääntynyt noin 10 %. Nurmea 25 % sisältänyt mädätysjäännös oli lisännyt maan epäorgaanisen typen määrää 10 % kolmen viikon jälkeen kokeen aloituksesta. Seitsemän viikon kohdalla mädätysjäännöksen liukoisesta orgaanisesta tyypistä noin puolet oli vapautunut epäorgaaniseen muotoon. Inkubaation tulosten perusteella molempien mädätysjäännösten sisältämästä liukoisesta tyypistä noin 50 % mineralisoitui ja mädätysjäännösten veteen liukenematon orgaaninen typpi ei 48 vrk:n aikana lisännyt maan epäorgaanisen typen määrää.



Kuva 6. Säilörehua sisältävien mädätysjäännösten vaikutus maan epäorgaanisen typen pitoisuuksiin. Materiaaleissa lisätyt typpimäärät: Säilörehu 95 %: kok-N 205 mg/kg, liuk-N 95 mg/kg, NH₄-N 77 mg/kg; Säilörehu 25 %: kok-N 212 mg/kg, liuk-N 136 mg/kg, NH₄-N 107 mg/kg.

2.7.3 Kasvibiomassan mädätysjäännöksen typen ja fosforin käyttökelpoisuus

- Mädätys lisää liukoisen typen määrää eli käyttökelpoisuus typpilannoituksessa paranee
- Säilörehun ja lannan seosta mädätettäessä fosforia siirtyy hieman vesiliukoisesta osasta paremmin maassa säilyvään muotoon, joka on kuitenkin kasveille käyttökelpoista
- Mädätysjäännöksen liukoinen typpi (ammoniumtyppi) voidaan arvioida lannoitetypen veroiseksi (Kuitenkin on syytä huomioida typen mahdolliset levitystappiot ja sijainti maassa juuriin nähden)
- Lisäyksen jälkeen maassa voi tapahtua hetkellisesti liukoisen typen sitoutumista hajottajamikro-
beihin, mutta vapautuminen alkaa sen jälkeen nopeasti

2.8 Lähteet

- Nussbaum, H.J. 2009. Effects of different fermentation products on dynamism and yield of biogas. In: Broderick, G.A. *et al.* (eds.), Proceedings XVth international silage conference, July 27–29, 2009 Madison, Wisconsin, USA. U.S. Dairy Forage Research Center; USDA-Agricultural Research Service. p. 435–36
- Ojala Niina 2011. Nurmirehujen markkinat : Nurmirehun hinnoitteluperiaatteet ja nurmenkorjuu-urakoitsijoiden hinnoittelu- ja sopimuskäytännöt. AMK-Opinnäytetyö, HAMK.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011112415401>
- Peltonen, S. 2010. Säilörehun tuotantokustannusten hallinta. Maataloustieteen Päivät 2010, 12.–13.1.2010 Viikki, Helsinki.
<http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/045.pdf>
- Pieper, B., & Korn U. 2010. Influence of Lactic and Acetic Acid in Corn Silage on Biogas Production and Conclusions for the Application of Silage Additives. In: Jambor, V.; Jamborová, S.; Vosynková, P.; Procházka, P.; Vosynková, D.; Kumprechtová, D. (eds.) 14th International Symposium, Forage conservation, Brno, Czech Republic, March 17–19, 2010, Conference Proceedings. NutriVet Ltd. Czech Republic p.117.
- Seppälä, A., Ojala, N., Kässi, P., Aro-Heinilä, E. & Paavola, T. 2012: Nurmirehun hankinta biokaasulaitoksen syötemateriaaliksi. Maataloustieteenpäivät 2012 (sähköinen julkaisu: <http://www.smts.fi/mtpjul2012.html>;
http://www.smts.fi/Poster/Kotielaintuotannon/Seppala_Nurmirehun%20hankinta.pdf)
- Seppälä, A., Kässi, P., Ervasti, S., Kuoppala, K. Sormunen-Cristian, R., Särkijärvi, S., Heikkilä, T., Luostarinen, S. and Rinne, M. 2013: Biochemical methane potential of timothy, tall fescue and red clover silages harvested at different stages of maturity. In: Helgadóttir, Á. and Hopkins, A. (Eds.) The Role of Grasslands in a Green Future, Threats and Perspective in Less Favoured Areas. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland 23–26 June 2013. pp. 525–527.
- Seppälä, A., Tsitko, I., Ervasti, S., Miettinen, H., Salakka, A. and Rinne, M. 2013b: The role of additives when ensiling red clover-grass mixture for biogas production. In: Helgadóttir, Á. and Hopkins, A. (Eds.) The Role of Grasslands in a Green Future, Threats and Perspective in Less Favoured Areas. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland 23–26 June 2013. pp. 563–565.

3 Nurmen merkitys kasvinviljelytilan viljelykierrossa

Oiva Niemeläinen, Marjo Keskitalo, Lauri Jauhiainen ja Arja Seppälä

3.1 Kirjallisuustutkimus nurmen vaikutuksesta viljelykierrossa

Marjo Keskitalo, Kaija Hakala, Erja Huusela-Veistola, Hannu Känkänen, Päivi Kurki, Heikki Jalli, Marja Jalli, Oiva Niemeläinen, Tapio Salo ja Arja Seppälä

3.1.1 Vaikutus maan rakenteeseen

Viljelymaidemme orgaanisen aineksen pitoisuus on ollut laskusuunnassa (Heikkinen ym. 2013; Erviö 1995), mihin tärkeimpänä syynä ovat olleet yksivuotisten kasvien viljelyn lisääntyminen, nurmialan väheneminen sekä viljelytekniikan muutokset mm. kyntösyvyyden lisääntyminen. Heikkinen ym. (2013) viittaavat myös muiden tekijöiden – esimerkiksi ilmaston muutoksen vaikuttaneen hiilen vähenemiseen. Peltolohkon luontaista orgaanisen aineksen pitoisuutta ei voi nopeasti muuttaa sillä maalaji, lämpö- ja kosteusolot, viljelyjärjestelmä ja satotaso vaikuttavat orgaanisen aineksen määrään sekä sen säilymiseen maaperässä (Heinonen 1992). Nurmialan vähentyminen etenkin Etelä-Suomessa on tyypillinen esimerkki viljelyjärjestelmän muutoksesta, jonka seurauksena maan orgaanisen aineksen pitoisuus hakeutuu alemmalle tasolle.

Eloperäinen aines parantaa mururakenteen vedenkestävyyttä, maan vedenpidätyskykyä ja lisää biologista aktiivisuutta. Esimerkiksi savipitoisilla mailla eloperäisen aineksen pitoisuuden nousu 6–8 %:iin parantaa murujen kestävyttä, mutta korkeammilla pitoisuuksilla ei ole enää vaikutusta.

Myös Suomessa suositellaan nurmien sisällyttämistä viljatilojenkin viljelykiertoihin, mikäli maan rakenteessa on havaittu ongelmia. Nurmi jättää maahan viljakasveja selvästi enemmän kasvijätettä, joka parantaa mm. mururakennetta, maan vedenpidätyskykyä ja maan biologista aktiivisuutta. Sitä vastoin Suomen olosuhteissa ei juurikaan ole tehty tutkimuksia, joissa nurmen vaikutus olisi kvantifioitu. Nurmi jättää joka tapauksessa maahan selvästi viljoja enemmän kasvibiomassaa. Monivuotinen juuristo ehtii leviämään maassa yksivuotisia syvemmälle ja tiheämmin (Kuva7). Lisäksi tiheä juuristo kuivattaa maata tehokkaasti. Tiheä juuristo ja sen maata kuivattava vaikutus ovat syynä siihen, että nurmi parantaa murujen ja makrohuokosten muodostumista etenkin maan pintakerroksessa (Alakukku 2002). Murujen ja makrohuokosten muodostuminen lisää sekä kaasujen vaihdon että etenkin sadeveden nopean imeytymisen kannalta tärkeitä suuria huokosia.

Orgaanisen aineksen pitoisuuden muutoksia kuvaavia pitkäaikaisia, yli 50 vuotta kestäneitä, kenttäkokeita on tehty Ruotsissa (Mattsson 2002). Niissä nurmen mukana olo viljelykierrossa oli johtanut keskimäärin 0,4 prosenttiyksikköä korkeampaan orgaanisen aineksen pitoisuuteen verrattuna yksipuoliseen viljanviljelyyn. Karjanlannan käytöllä ja nurmikierrolla saatiin samansuuruinen vaikutus (Mattsson 2002). Ruotsalaisessa Mobergin (2001) tutkimuksessa verrattiin 1997 otettujen maaprofiilien fysikaalisten ominaisuuksien tuloksia samoilta lohkoilta 40 vuotta aiemmin tehtyihin määrityksiin. tuloksiin. Vedenläpäisykyky (genomlöppligheten i alven) oli vuonna 1997 otetuissa profiileissa merkittävästi alhaisempi aina 80 cm syvyyteen kuin aiemmissä näytteissä. Moberg (2001) pitää mahdollisena selityksenä siihen maan tiivistymistä painavien työkalujen käytöstä tai vähäisempää maan kuivumista mm. koska nurmien käyttö viljelykierroissa on vähentynyt. Alentunut vedenläpäisykyky on vakava merkki maan tuottokyvyn heikentymisestä. Erot huokoisuudessa (porositet) vanhojen ja uusien arvojen välillä olivat sen sijaan vähäisiä.

Perssonin (1981) raportoimassa 30-vuotisessa viljelykiertotutkimuksessa maan orgaanisen hiilen pitoisuus maan muokkauskerroksessa oli alhaisin siinä viljelykierrossa missä myyntikasvien satojätteet poistettiin. Verranteena oli nautakarjatilalla kierto joka sisälsi karjanlannaa. Hiilipitoisuus vakiintui kahden – kolmen vuosikymmenen kuluessa. Sokerijuurikkaan sadot alenivat myyntikasvien kierroissa karjatilalla kierto verrattuna ilmeisesti kasvintuhoajien vaikutuksesta, mutta muilla kasveilla (ohra, syysvehnä, öljykasvit) satoerot olivat pienet viljelykiertojen välillä.



Kuva. 7. Paalujuuriset palkokasvit kuten sinimailanen (kuvassa) ja puna-apila muodostavat syvälle ulottuvia juurikanavia, jotka toimivat veden imeytymisen ja ilmanvaihdon reitteinä maassa. Kuva otettu Västankvarnin peltopäivässä 11.7.2013. (Kuva:Oiva Niemeläinen)

Viljelijäyhteydenoton perusteella löydettiin Jokioisilta valokuvattavaksi mielenkiintoinen tapaus nurmiviljelyn vaikutuksesta maan rakenteeseen. (Kuvat 8–11).

- Pelto oli jaettu kahteen viljelylohkoon 17 vuotta sitten kesannointivelvoitteen aikaan. Pellon alapää oli ensin 5 vuotta kesannolla ja sen jälkeen ilman uudistusta 12 vuoden ajan säilörehunurmella. Pellon yläpää on koko 17 vuoden ajanjakson ajan ollut viljalla, ohralla 15 vuotta ja kauralla 2 viimeistä vuotta. Viljaosa on kynnetty 16 vuotena.
- Pelto on nyt kynnetty kokonaan 17.9.2013 siten, että kyntöviilut kulkevat yläosasta alaosaan. Kyntövastuksen muutokseen voitiin kynnön aikana reagoida pikavaihdetta vaihtamalla siten, että pikavaihde oli vilja-osassa 1–2 ja nurmiosassa 4, ajonopeus vastaavasti noin 5 km/h ja 7 km/h. Käytännössä nurmiosalla olisi voinut ajaa lujempaakin, mutta sitten olisi pitänyt vaihtaa jo vaihdettakin.
- Viljelijän kommentti maan rakenteesta, alaosa oli kuin ”kusiaispesää” ja yläosa ”kittisavea”.
- Alaosan nurmen pitkä uudistusväli johtuu viljelijän mukaan siitä, että johtuen kesantovuosien jälkeisestä nurmensiemenpankista nurmi on pysynyt pitkään täystiheänä.
- Nurmilohkoa on viljelty isolla kalustolla, esim. lietteenlevitys kaluston yhteismassa yli 40 t, ja isolla korjuukalustolla. Viljalohkoa on viljelty pikkutraktoreilla ja liete levitetty 10 m³ vaunulla. Kumpikin osa peltoa on saanut lietelantaa runsaasti.



Kuvat 8 ja 9. Pellon yläosa, joka on ollut yhtäjaksoisesti viljalla 17 vuotta vuosittain kyntäen. (Kuvat: Arja Seppälä)



Kuva 10 ja 11. Pellon alaosa, joka on ollut 17 vuotta yhtäjaksoisesti nurmella. (Kuvat: Arja Seppälä)

3.1.2 Vaikutus kasvinsuojelutarpeeseen

Vaikka nurmikasveilla ja viljoilla esiintyy samoja kasvintuhoojia, voi vilja-nurmi-viljelykierto vähentää kasvinsuojeluongelmia viljan monokulttuuriviljelyyn verrattuna. Kasvipeitteiset monivuotiset kasvustot, kuten nurmet ovat tärkeitä myös monivuotoisuuden kannalta mm. linnuille, nisäkkäille ja tuhoeläinten luontaisille vihollisille. Monivuotisessa nurmessa torjunta-aineiden kokonaiskäyttö on vähäistä. Käytännössä heinää viljeltäessä käytetään pääasiassa vain rikkakasvien torjunta-aineita ja niitäkin vain perustamisvuonna ja nurmen lopetusvaiheessa. Glyfosaatin käyttö nurmen lopetusvaiheessa auttaa monivuotisten rikkakasvien – etenkin juolavehnän torjunnassa.

Rikkakasvit

Kanadassa kuudella viljelyalueella 253 viljelijälle tehdyssä kyselyssä 83 % vastaajista arveli monivuotisesta rehuksista olevan helpotusta seuraavien kasvien rikkakasvien torjunnassa (Entz ym. 1995). Myös yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa on todettu sinimailasen vähentävän rikkakasvien määrää ja kilpailukykyä (Clay & Aguilar 1998). Myös Euroopassa kokemukset lyhytaikaisista kesannoista ovat positiivisia, jos rikkakasvillisuudesta pidetään huolta: kylvä peittävällä kasvulla, toistuvat niitot siementuotannon estämiseksi, muokkaukset ja kemiallinen torjunta (Clarke ym. 1995).

Salosen & Hyvönen (2007) saivat edellisistä tutkimuksista poikkeavia tuloksia. Suomessa heinäkesannon haitallisin seuraus oli heinämaisten rikkakasvien runsastuminen, erityisesti timotein lisääntyminen viherkesantovuosien jälkeen.

Nurmen viljelyä hyödynnetään hukkakaurantorjunnassa. Nurmen niiton on tällöin tapahduttava ennen hukkakauran röyhylletuloa.

Nurmikasvuston lopettaminen ja ottaminen takaisin viljanviljelyyn vaatii pellon muokkaamista (Entz ym. 1995) tai glyfosaattikäsittelyä, joka on usein tarpeen ennen muokkausta. Glyfosaattikäsittelyn jälkeen voi seuraavan kasvin myös suorakylvää.

Kasvitaudit

Osa peltokasvien taudinaiheuttajista on isäntäspesifisiä, osalla on runsaasti isäntäkasveja. Viljelykierto on tärkeimpiä kasvitautilien torjuntamenetelmiä (Curl 1963). Katkaisemalla viljan monokulttuuri vaikutetaan ensisijaisesti isäntäspesifisiin lehtilaikkutauteihin (Bailey ym. 2001). Vaikutus voimistuu suorakylvettäessä. MTT:n monivuotisessa viljelykiertotutkimuksessa viljeltäessä vehnää joka toinen vuosi lehtilaikkutauteja oli maitotuleentumisasteella enemmän kuin viljeltäessä sitä joka neljäs vuosi. Lehtilaikkutaudit (*Pyrenophora tritici-repentis*, *Stagonospora nodorum*) peittivät 40 % kahdesta ylimmästä lehdestä suorakylvetyissä vehnän monokulttuuriruuduissa vastaavan luvun ollessa 15 % monipuolisen viljelykierron ruuduissa (Jalli ym. 2009).

Kirjallisuudessa on muutamia esimerkkejä, jolloin viljelykierrolla on saatu kielteinen vaikutus kasvitauteihin:

- Mikäli välikasvi (nurmi) lopetetaan glyfosaatilla, ja vilja kylvetään vain muutama päivä tämän jälkeen, tyvitautia aiheuttavan *Rhizoctonia*-sienen määrä runsastuu. Tämä voidaan välttää mikäli glyfosaattikäsittelyn ja kylvön välinen aika on noin 2–3 vkoa (Paulitz ym. 2002).
- Vehnän monokulttuurissa *Rhizoctonia* määrä on viiden vuoden jaksolla alhaisempi kuin jos vehnää on viljelty monipuolisessa viljelykierrossa (Paulitz ym. 2002).
- Nurmiseos lisää *Rhizoctonia* määrää vehnän monokulttuuriin verrattuna. Suorakylvö korostaa vaikutusta (Rovira 1985)
- Monipuolisella viljelykierrolla saattaa olla suurempi merkitys *Fusarium*-sienten esiintymiseen kuin muokkausmenetelmällä. Moni-isäntäisten *F. avenaceum* ja *F. graminearum* -sienten määrä lisääntyy viljelykierrossa verrattuna monokulttuuriin (Fernandez ym. 2007).
- Nurmien haitallista vaikutusta tyvi- ja juuristotautien esiintymiseen perustellaan muun muassa runsaalla juurimassalla.
- Tyvitautien lisäksi nurmikierto saattaa lisätä hankalasti torjuttavaa moni-isäntäistä torajyvää ja vehnän keltaviirutautia. Torajyvä vaikuttaa haitallisesti sadon laatuun. Merkitys korostuu suorakylvettäessä.

Tuhoeläimet

Parhaiten viljelykierron avulla voidaan torjua huonosti leviäviä ja maassa tai sängessä säilyviä tuhoeläimiä, joiden isäntäkasvivalikoima on suppea. Nurmiheinillä esiintyy pääosin samoja tuhoeläinlajeja kuin viljoillakin. Niiden merkitys on kuitenkin yleensä hyvin vähäinen, eikä torjuntaa tavallisesti tehdä. Nurmi esikasvina ei yleensä lisää viljojen tuhoeläinmääriä, koska nurmi usein lopetetaan muokkaamalla maa tehokkaasti. Monivuotisen nurmikasvustotyyppisten viherkesantojen ei ole havaittu lisäävän tuhoeläinriskiä, vaan jopa päinvastoin lisäävän tuhoeläinten luontaisten vihollisten menestymistä (Huusela-Veistola 2007).

Viljan suorakylvö vanhaan nurmeen saattaa kuitenkin joskus lisätä tuhoeläinongelmia. Esimerkiksi juurimadot eli seppäkuoriaisten toukat ovat tyypillisiä vanhojen nurmien tuholaisia, jotka voivat aiheuttaa ongelmia myös seuraaville viljelykasveille. Myös nurmikasvustojen merkitys viljan virustautien lähteenä ja virusvektoreiden, kuten kirvojen ja kaskaiden, säilymisessä on huomioitava. Nurmea ei kannata perustaa ilman kunnan muokkausta sellaiseen viljakasvustoon, jossa on esiintynyt vehnän kääpiökasvuvirusta (WDV) tai ohran kääpiökasvuvirusta (BYDV). Pitkäaikaisista nurmikasvustoista saattaa joskus olla haittaa myös viereisille lohkoille, joiden nurmeen rajautuvilla osilla mm. etanavioituksia voi olla enemmän.

Tuhoeläinten määrä vaihtelee paljon vuosittain ja alueellisesti. Nurmi-vilja-viljelykierrolla ei näyttäisi olevan tuhoeläinongelmia tai torjunta-aineiden käyttömääriä lisäävää vaikutusta. Päinvastoin esimerkiksi vehnän kasvinvuorotuksesta nurmen kanssa olisi hyötyä yksipuolisessa vehnän viljelystä ongelmia aiheuttavien lajien kuten hesseninsääsken, tähkäsääsken ja vehnäsääsken hallinnassa.

3.1.3 Lannoitustarve nurmiviljelyn jälkeen

Nurmen typpilannoitevaikutus vaihtelee maahan jäävän kasvimassan määrän ja koostumuksen sekä maahan muokkaamisen ajankohdan mukaan. Maalaji, viljelytoimet ja sääolosuhteet vaikuttavat siihen sekä nurmen jälkeen viljeltävän kasvin tyyppien tarve ja annettu typpilannoitus. Palkokasvinurmilla olosuhteet vaikuttavat ensin tyyppien sitomiseen sitojakasvin kasvun kautta ja sitten tyyppien mineralisaatioon ja kasvin tyyppienottoon: missä rytmissä ja miten paljon sitojakasvin tyyppistä vapautuu ja miten seuraavan viljelykasvin kasvu sattuu yhteen vapautumisen kanssa. Nurmen typpilannoitusvaikutus vaihtelee suuresti edellä mainituista tekijöistä johtuen.

Mineraalityyppien vapautuminen aluskasveista ja nurmesta

Kun palkokasveja kylvetään aluskasveina viljan joukkoon, niistä voi vapautua 30–70 kg typpeä/ha seuraavana vuonna seuraavan kasvuston käyttöön. Joskus aluskasvit kuitenkin kilpailevat varsinaisen sato- kasvin kanssa ja vähentävät siten satoa niiden kasvuvuonna (Känkänen & Eriksson 2007). Ruotsalaisessa tutkimuksessa valkoapilaa aluskasvina käytettäessä lisätyppiä oli maassa toisen tällaisen vuoden keväällä kasvien saatavissa noin 24 kg/ha (Bergkvist 2003). Valkoapilaa oli ennen syysvehnän kylvää rikottu haraamalla, jolloin typpeä vapautui kuolevasta solukosta. Tämä ei välttämättä ole hyvä, sillä talvella typpeä voi huuhtoutua hitaasti hajoavasta solukosta. Parempi olisi muokata aluskasvien peittämä maa vasta keväällä.

Suomalaisessa tutkimuksessa mineraalityyppien määrä keväällä oli rikkomattomassa valkoapilaa aluskasvustossa 5,5 kg/ha ja puna-apilassa 2 kg/ha (Känkänen & Eriksson 2007). Jos verrattiin lannoittamatonta ja apilakasvuston kanssa kasvanutta, niin ensimmäisen vuoden jälkeen (kun apilaa oli jo maassa mineralisoitumassa) Ruotsissa pelkkä apilan tuoma typpi tuotti saman sadon kuin 80 kg mineraalityypin lannoitus eli korvasi lannoitustarpeen kokonaan (Bergkvist 2003). Kanadalaisessa tutkimuksessa pelkällä puna-apilan aluskasviviljelyllä ja maahan muokkaamalla syksyllä oli keväällä kylvettävästä vehnästä saatu sama sato kuin 80 kg/ha mineraalityypin lannoituksella, vaikka apila ei lisännyt kovinkaan paljon mineraalityppiä maassa (Garand et al. 2001). Edellä mainitussa suomalaisessa aluskasvitutkimuksessa tätä ei tutkittu, mutta itse valkoapilaan oli sitoutunut keväällä noin 58 kg typpeä/ha, jos juuret lasketaan mukaan, ja puna-apilaan noin 38 kg/ha. Tämä typpi olisi luultavasti kasvukauden mittaan vapautunut seuraavan kasvin käyttöön.

Nurmen lannoitusvaikutus seuraavalle kasville

Jos puna-apilaa käytetään viljelykierron viherkesantona, niin maanpäällinen typpisato voi olla jopa 157 kg N/ha (Känkänen et al. 1998). Kun viherlannoituskasvusto kynnettiin maahan, voitiin seuraavan kasvin lannoitusta vähentää 40 kg N/ha ja silti saatiin monessa tapauksessa viherlannoituskasvin jälkeen kylvetyistä viljasta suurempi sato kuin ilman viherlannoituskasvia (Känkänen et al. 1999). Viherlannoituskasvin (sato syksyllä jopa 9500 kg/ha, Känkänen et al. 1999) voisi tietysti myös hyödyntää biokaasulaitoksessa ja levittää mädätysjäte laajemmalle alueelle syyskylvöisille kasveille.

Arja Nykäsen väitöskirjan (2008) mukaan apilanurmen viljely rehukäyttöön, riippumatta nurmen iästä, sen sijaan ei lisää satoja nurmea seuraavilla viljoilla. Tämä koskee normaalia rehunurmiviljelyä, jossa itse rehusato korjataan pois ja jäljelle jää n. 40% kaikesta sidotusta tyyppistä juuriin ja sänkeen. Ongelmana on se, että nurmen typensidonnasta on hyötyä seuraaville kasveille vain, jos maahan kynnetyyn biomassan typpipitoisuus on tarpeeksi korkea. Jotta korjattavasta rehunurmesta olisi seuraaville kasveille hyvä jälki-vaikutus ja typpiä, apilapitoisuuden olisi oltava yli 40–50 % kuiva-aineesta, hiili-typpisuhde (C:N) ei saisi olla yli 20-25, ja maahan kynnetyyn biomassan N-pitoisuus pitäisi olla yli 2 %. Kasvimassan typpipitoisuutta 1,7 % voitaneen pitää rajana, jota pienemmällä pitoisuudella kasvimassan hajoaminen sitoo maan typpeä ja suuremmalla pitoisuudelle typpeä vapautuu maahan kasvimassan hajotessa.

Kun nurmi Arja Nykäsen LUOMU-kokeissa kaikkien sadonkorjuuiden jälkeen kynnettiin maahan, se sisälsi 79–145 kg N/ha, josta 49–67 kg N/ha oli ilmasta sidottua. Siitä huolimatta nurmen typpitaso oli aina negatiivinen. Peltoon jäi nurmen kynnön jälkeen vain vähän mineraalityppiä, 15–30 kg N/ha ja nurmen

esikasviarvo viljoille oli 5–20 kg N/ha. Maahan muokatun nurmibiomassan määrä, kokonaistypen ja biologisesti sidotun typen määrä sekä hiili-typin-suhde (C:N) vaikutti seuraavana vuonna kylvettävien viljojen satoon, typen ottoon ja typen käytön tehokkuuteen. Maan ominaisuudet ja säätila vaikuttivat typen sitoutumiseen ja vapautumiseen maasta. Nurmi esikasvina ei eronnut juuri lainkaan ohrasta tai oli huonompi esikasvi kuin ohra sitä seuraaville kasveille, jotka olivat ruis, kevätvehnä ja sitten seuraavana vuonna kaura. Esikasviarvo vaihteli nurmen satojen, maan kokonaistypen ja typensidonnan mukaan. Syynä pieneen esikasviarvoon oli vähäinen peltoon jäänyt seuraavalle kasville tarjolla oleva mineralisoitunut typpimäärä ja rikat, jotka lisääntyivät nurmessa. Nurmen iällä ei ollut tässä merkitystä.

Vaikka rehunurmen, jonka sato korjataan rehuksi, jälkivaikutus seuraavalla kasville on sängen pieni, on huomattava, että LUOMUssa saadaan ilman typpilannoitusta sekä toisen että kolmannen vuoden apilaheinänurmella (esim. 5 kg/ha apilaa ja 16 kg/ha heiniä) keskimäärin 6400 kg kuiva-aineesatoa, eli tämä sato tulee jo pääasiassa biologisen typensidonnan avulla. Pitkä kasvukausi, maan orgaanisen aineen pitoisuus ja karjanlannan käyttö perustettaessa lisäävät kokonaissatoa. Karjalannan käyttö hyödyttää enemmän heinää kuin apilaa, koska apilalla on oma koneisto typen saamiseksi ilmasta.

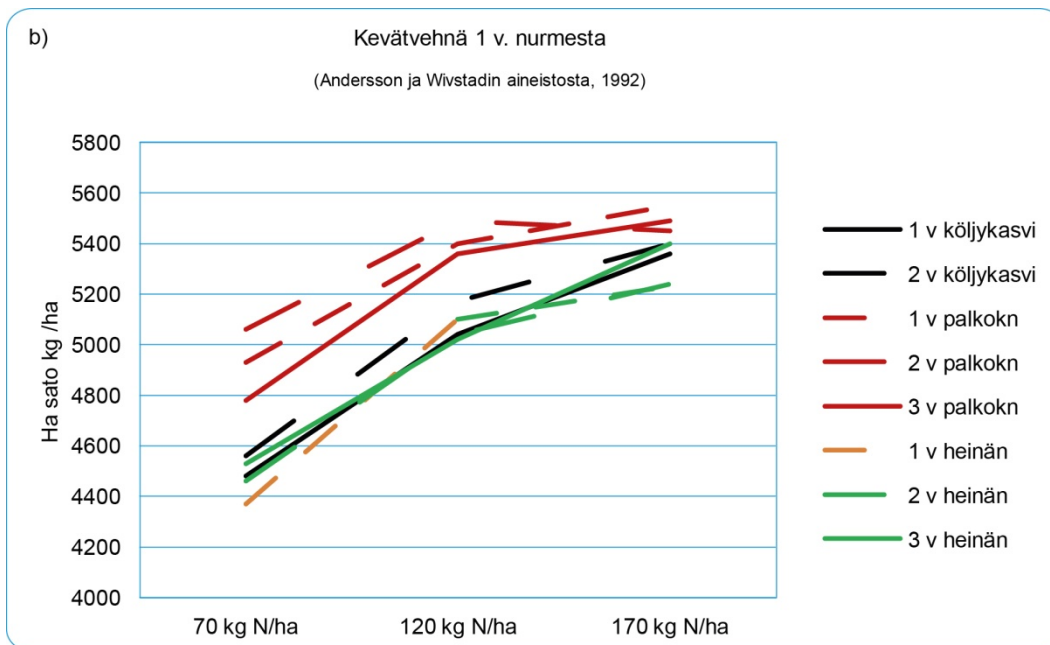
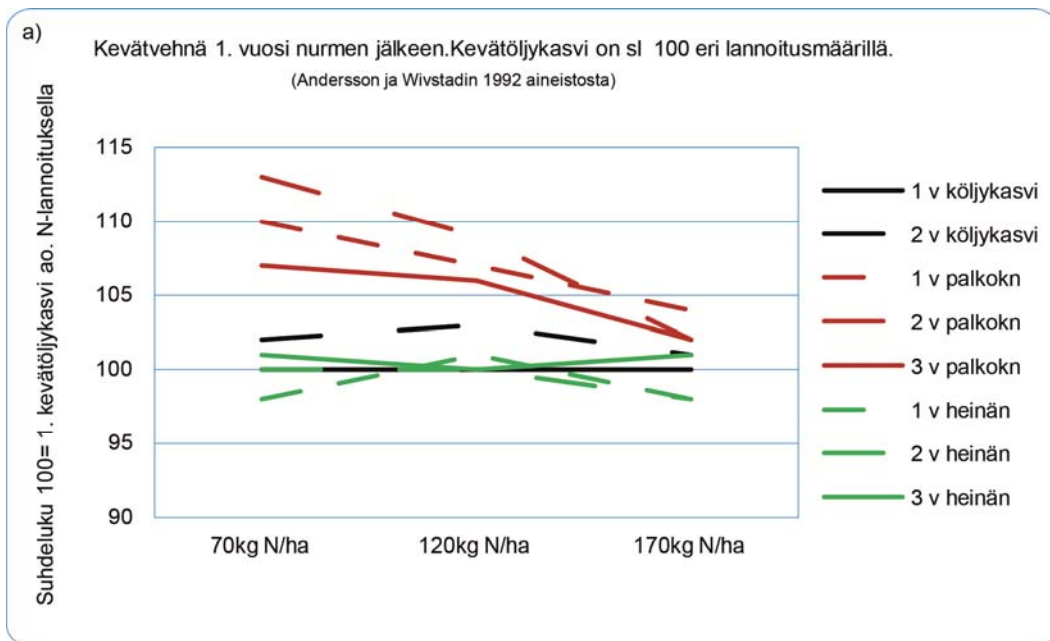
Nurmen jälkeen viljeltävän kasvin lannoittaminen

Muokattavan kasvimassan hiili-typpisuhteesta ja kasvimassan määrästä riippuu, vapautuuko lopetetusta nurmesta typpeä seuraavan viljelykasvin käyttöön vai sitooko maahan hajoava nurmikasvusto. Korjatun heinänurmen maahan kynnettävä sänki ja juurimassa sisältävät vähän typpeä ja kasvimassaa hajottavat mikrobit käyttävät maassa olevaa typpeä kasvuunsa eli seuraavalle kasville käyttökelpoisen typen määrä voikin vähetä hajoamisprosessin vuoksi lyhyellä aikavälillä typen sitoutuessa orgaaniseen mikrobikasvustoon. Jos kasvimassan typpipitoisuus on korkea esimerkiksi kasvuston suuren apilapitoisuuden vuoksi, niin kasvuston hajotessa vapautuu enemmän typpeä kuin hajottavaan mikrobistoon sitoutuu, ja silloin kasveille käyttökelpoisen liukoisen typen määrä kasvaa ja nurmella on positiivinen typpilannoitusvaikutus. Nykäsen (2008) mukaan nurmiviljelyssä, jossa nurmisato korjataan pois, pitäisi nurmen apilapitoisuuden olla yli 40 % kuiva-aineesta, jotta nurmen typpitase olisi positiivinen ja typpeä jäisi seuraavan kasvin käyttöön.

Tanskalaisessa tutkimuksessa todetaan, että nurmi vaikuttaa edullisesti seuraavaan kasviin, kun käytetään typpilannoitusta riittävästi, eli nurmella on sinänsä tyydestä riippumattomakin vaikutusta (Eriksen 2001). Nurmen kynnon jälkeen ensimmäisenä vuonna kylvetyn ohran maksimisato (täydellä lannoituksella) jäi tässä tutkimuksessa viljakieuron lohkolle pienemmäksi kuin nurmikierron lohkolle, ero tosin oli melko pieni, 200–300 kg/ha. Kun ei puhuta maksimilannoituksesta, nurmen kynnon jälkeen heinä-apilanurmen jälkivaikutus keväällä kylvettyyn ohraan oli yli 115 kg N/ha. Toisena vuonna jälkivaikutus oli enää puolet siitä, 60 kg N (Eriksen 2001). Kolmantena vuonna nurmen edut olivat hävinneet tai olivat hyvin pieniä. Ensimmäisen vuoden apilaheinänurmessa oli maahan kynnettyä typpeä 194 kg/ha ja C:N oli 17 (Eriksen 2001), mikä Arja Nykäsen (2008) työssä oli osoittautunut hyväksi suhteeksi. Seuraavana vuonna kerääjäkasviin oli jäänyt typpeä kynnettäväksi 86 kg, sitä seuraavana vuonna 95 kg/ha, ja C:N-arvot olivat 17 ja 20.

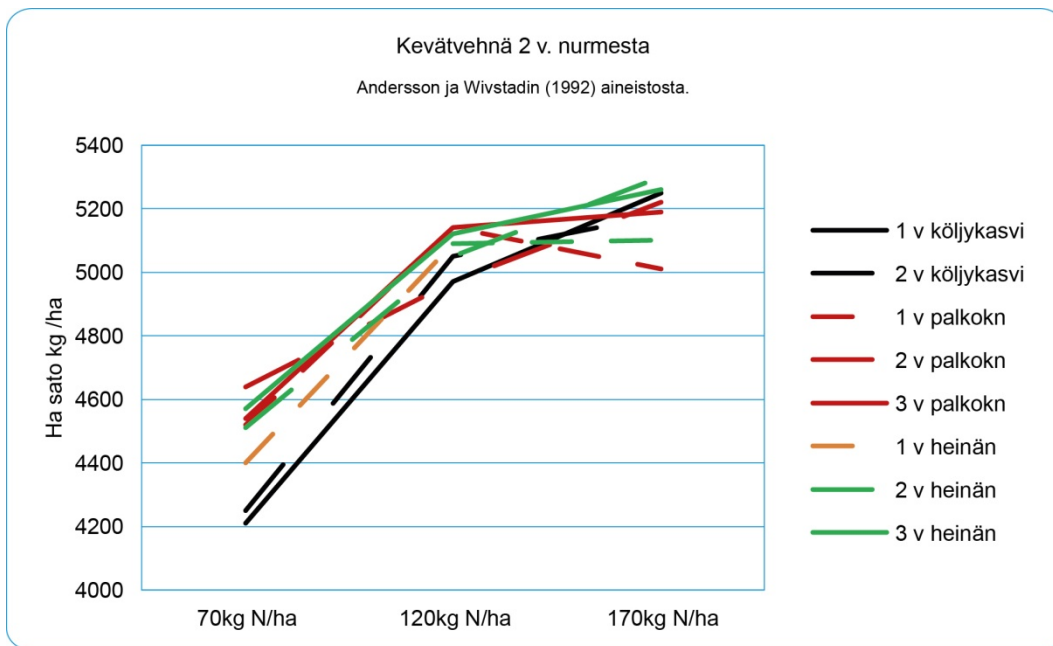
Känkänen ym. (2012) käyttivät Garandin ym. (2001) lanseeraamaa ”typpilannoitustehoa ” kuvaamaan palkokasvien typpijälkivaikutusta. Kun palkokasvista vapautuva typpi mahdollistaa tietyn vähennyksen seuraavalle kasville annettavassa väkilannoitetypen määrässä, on kyse typpilannoitetta korvaavasta arvosta (Garand ym. 2001). Typpilannoitusteho ottaa huomioon väkilannoitetypen käytön tavoiteltuun sadon määrään pääsemiseksi. Palkokasvien typpilannoitusteho on yleensä pienempi kuin perinteisesti määritetty typpijälkivaikutus seuraavalla kasville. Eri tutkimusten perusteella Känkänen ym. (2012) arvioivat yksivuotisen puna-apilan typpilannoitustehoksi 50 kg/ha ja monivuotisen puna-apilan 70 kg/ha. Monivuotisen viherkesannon toisen jälkikasvuvuoden typpilannoitustehoksi arvioitiin 20 N kg/ha. Rehunurmien typpilannoitustehoksi Känkänen ym. 2012 arvioivat 30 N kg/ha.

Andersson ja Wivstad (1992) raportoivat v. 1974 aloitetun 25 koetta käsittäneen erilaisten nurmien jälkivaikutusta selvittäneen koesarjan. Jälkivaikutuksen mittaamista varten saman vuoden viljakasvustolle oli yhden, kahden ja kolmen vuoden ikäinen heinänurmi ja puhdas palkokasvinurmi (puna-apila tai sinimailanen) sekä kevätöljykasvi (yksi tai kaksi vuotta ennen viljaa). Julkaisun satotuloksista piirretyt oheiset kuvat (Kuva 12) kuvastavat erilaisten nurmien jälkivaikutusta kevätvehnän satoon kun kevätvehnälle on annettu kolme erilaista typpilannoitusmäärää. Kuvassa 12 a tulokset esitetään suhdelukuina ja yksivuotisen kevätöljykasvin jälkeen saatu sato kullakin kevätvehnä typpilannoitusmäärällä on laitettu suhdeluvuksi sato. Kuvassa 12 b esitetään vastaavat sadot kg/ha asteikolla. Tulokset ovat yhdeksän kokeen keskiarvoja.



Kuvat 12 a ja b. Yksi, kaksi ja kolmivuotisten puhtaiden palkokasvinurmien ja heinänurmien jälkivaikutus kevätvehnän viljelyssä Ruotsissa suhteessa kevätöljykasvin (1 vuotta tai 2 vuotta) vaikutukseen. Yhdeksän kokeen keskiarvot. Samat arvot esitetään kuvassa 12 a suhdelukujen avulla ja kuvassa 12 b absoluuttisina satotuloksina. Koottu Andersson ja Wivstadin (1992) aineistosta.

Anderssonin ja Wivstadin (1992) aineistosta tehdyssä kuvassa (Kuva 13) näkyy puhtaiden palkokasvinurmien (sato korjattiin pois) positiivinen typpilannoitusvaikutus, jonka määrä alenee kevätvehnälle annetun typpilannoituksen lisääntyessä. Heinänurmella ei ollut havaittavissa parempaa esikasviarvoa kuin kevätöljykasveilla ao. kevätvehnän viljelyssä. Sen sijaan toisena vuonna nurmen lopetuksen jälkeen heinänuurmellakin oli positiivinen vaikutus etenkin vehnän alhaisilla typpilannoitusmäärillä.



Kuva 13. Yksi, kaksi ja kolmivuotisten heinänummien, puhtaiden palkokasvinurmien ja öljykasvien jälkivaikutus kevätvehnän viljelyssä Ruotsissa. Kuva on tehty Andersson ja Wivstadin (1992) aineistosta.

3.1.4 Kirjallisuus:

- Alakukku, L. 2002. Maan rakenteen ylläpito peltoviljelyssä. Maan rakenteen hoito. Tieto tuottamaan 98. Toim. Alakukku, L. Keuruu. 63–81.
- Andersson, T. och M. Wivstad. 1992. Vallen i växtföljden. Betydelsen av vallens alder och botaniska samamsättning. Växtodling 38. Institutionen för växtodlingslära. Sveriges lantbruksuniversitet. 43 p.
- Bailey, K.L., Gossen, B.D., Lafond, G.P., Watson, P.R. and Derksen D.A. 2001. Effect of tillage and crop rotation on root and foliar diseases of wheat and pea in Saskatchewan from 1991 to 1998: Univariate and multivariate analyses. *Canadian Journal of Plant Science* 81: 789–803.
- Bailey, K. L., Johnston, A. M., Kutcher, H. R., Gossen, B. D. and Morrall, R. A. A. 2000. Managing crop losses from foliar diseases with fungicides, rotation, and tillage in the Saskatchewan Parkland. *Canadian Journal of Plant Science* 80: 169–175.
- Bergkvist, G. 2003. Effect of white clover and nitrogen availability on the grain yield of winter wheat in a three-season intercropping system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 53: 97–109.
- Buhler, D. D., Netser, D. A., Riemenscheider, D. E. & Hartzler, R. G. 1998. Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. *Biomass & Bioenergy*. 14: 385–394.
- Christensen, B.T., Petersen, J., Kjellerup, V.K. & Trentemoller, U.T. 2006. The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: The Lermarken site 1894–2004. Danish Institute of Agricultural Sciences, DIAS report Plant Production no. 121. 104 p.
- Clarke, J. H., Melander, B. & Orlando, D. 1995. Comparison of the effect of weed control strategies for rotationalset-aside in United Kingdom, Denmark and France. *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference—Weeds*. Brighton, UK. p. 329–338.
- Carlsson, G. ja Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253: 353–372.
- Clay, S. A., & Aguilar, I. 1998. Weed seedbanks and corn growth following continuous corn or alfalfa. *Agronomy Journal*. 90: 813–818.
- Curl, E.A. 1963. Control of Plant Diseases by Crop Rotation. *Botanical Review* 29: 413–479 van Emden, H.F. 1989 Pest Control, Cambridge University Press
- Entz, M. H., Bullied, W. J. & KatempaMupondwa, F. 1995. Rotational benefits of forage crops in Canadian prairie cropping systems. *Journal of Production Agriculture*. 8: 521–529.
- Eriksen, J. 2001. Nitrate leaching and growth of cereal crops following cultivation of contrasting temporary grasslands. *Journal of Agricultural Science* 136: 271–281.
- Ervio, R. 1995. Viljelymaan humuksen väheneminen kolmen vuosikymmenen aikana. In: Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen ja siihen vaikuttaminen. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 11/95: p. 5–12.
- Fernandez, M. R. 2007. Fusarium populations in roots of oilseed and pulse crops in eastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* 87: 945–952.
- Fernandez, M. R., Basnyat, P. and Zentner, R. P. 2007. Response of common root rot in wheat to crop management in eastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*. 87: 953–963.
- Garand, M.J., Simard, R.R., MacKenzie, A.F. & Hamel, C. 2001. Underseeded clover as a nitrogen source for spring wheat on a Gleysol. *Canadian Journal of Soil Science* 81:93–102.

- Heikkinen, J., E. Ketoja, V. Nuutinen and K. Regina. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19: 1456–1469, doi: 10.1111/gcb.12137
- Heinonen, R. 1992. Maan rakenne. Maa, viljely ja ympäristö. Toim. Heinonen, R. WSOY. Helsinki. 90–172.
- Huusela-Veistola, E. 2007. Kesantojen ekosysteemipalvelut: lintujen hyönteisravinto ja tuholaisten luontaiset viholliset. In: Jukka Salonen, Marjo Keskitalo ja Marjo Segerstedt (toim.). *Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous* 110: s. 34–46.
- Håkansson, S. 2003. Weeds and weed management on arable land: an ecological approach. CABI Publishing, UK. 275 p.
- Jalli, M., Jalli, H., Huusela-Veistola, E. 2009. Viljelyvarmuutta viljelykierrosta. *Maaseudun Tiede* 66, 1(9.3.2009): 15.
- Johnston, A. M., Kutcher, H. R. and Bailey, K. L. 2005. Impact of crop sequence decisions in the Saskatchewan Parkland. *Canadian Journal of Plant Science* 85: 95–102.
- Kauppila, R. 2010. Yara Suomen Kotkanniemen tutkimusasema 2009. Leipä Leveämmäksi 1/2010 s 12–13.
- Keskitalo, M., Hakala, K., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Jalli, M., Känkänen, H., Pahkala, K., Salo, T., Salo, Y. 2010a. Tulevaisuuden kasvintuotanto tarvitsee viljelykiertoa. *Maaseudun Tiede* 67, 1(15.3.2010): 6.
- Keskitalo, M., Jauhiainen, L., Peltonen, S. 2010b. Viljan oikea esikasvivalinta lisää satoa ja kannattavuutta. *Maaseudun Tiede* 67, 1(15.3.2010): 6.
- Känkänen, H., A. Suokannas, K. Tiilikala ja A. Nykänen. 2012. Biologinen typensidonta fossiilisen energian säästäjänä. MTT Raportti 76. 60 p.
- Känkänen, H. & Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield on spring barley. *European Journal of Agronomy* 27: 25–34.
- Känkänen, H., Kangas, A., Mela, T., Nikunen, U., Tuuri, H., Vuorinen, M. 1998. Timing incorporation of different green manure crops to minimize the risk of nitrogen leaching. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 553–567.
- Känkänen, H., Kangas, A., Mela, T., Nikunen, U., Tuuri, H., Vuorinen, M. 1999. The effect of incorporation time of different crops on the residual effect on spring cereals. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 285–298.
- Mattsson, L. (2002) Soil organic C development in cereal and ley systems. Data from 20 years old Swedish field experiments. *Arch. Acker. Pfl. Boden.* 48, 107–115.
- Moberg, J. 2001. Långsiktiga förändringar av jordbruksmarkens fysikaliska egenskaper – en studie av 10 svenska åkermarksprofiler. Meddelanden från Jordbearbetningavdelningen. Institutionen för Markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Nr 37. 18 p.
- Nykänen, A. 2008. Nitrogen dynamics of organic farming in a crop rotation based on red clover (*Trifolium pratense*) leys. *Agrifood Research Reports* 121. 60 s. Helsingin yliopisto, tohtorin väitös 2008.
- Paulitz, T.C. 2006. Low input no-till cereal production in the Pacific Northwest of the U.S.: the challenges of root diseases. *European Journal of Plant Pathology* 115:271–281.
- Paulitz, T.C., Smiley, R.W. and Cook, R.J. 2002. Insights into the prevalence and management of soilborne cereal pathogens under direct seeding in the Pacific Northwest, U.S.A. *Canadian Journal of Plant Pathology* 24:416–428.
- Persson, J. 1981. Växtföljdens och skörderesternas effect på skördeutvecklingen. Institutionen för markvetenskap. Avd. för växtnäringlära. Rapport 38. Sveriges Lantbruksuniversitet. 6 p.
- Rovira, A.D. 1985. Influence of crop rotation and tillage on rhizoctonia bare patch of wheat. *Phytopathology* 76: 669–673.
- Salonen, J. & Hyvönen, T. 2007. Viljapellon rikkakasvillisuus kesannoinnin jälkeen. In: Jukka Salonen, Marjo Keskitalo ja Marjo Segerstedt (toim.). *Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous* 110: s. 26–33.
- Salonen, J. Marjo Keskitalo ja Marjo Segerstedt (toim.). 2007. *Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous* 110: s. 26–33.
- Schillinger, W. F., and Paulitz, T. C. 2006. Reduction of Rhizoctonia bare patch in wheat with barley rotations. *Plant Disease* 90:302–306.
- Thurston, J. M. 1966. Survival of seeds of wild oats (*Avena fatua* L. and *Avena ludoviciana* Dur.) and charlock (*Sinapis arvensis* L.) in soil unded leys. *Weed Research* 6: 67–80.
- Vilich, V. 1993. Crop rotation with pure stands and mixtures of barley and wheat to control stem and root rot diseases. *Crop Protection* 12: 373–379.

3.2 Viljasadon määrä nurmivuoden jälkeen

3.2.1 Kirjallisuuden ja lohkotietopankkiaineiston perusteella

TIKE/MAVI:n aineistosta selvitettiin nurmialan osuus eri tilakokoluokissa. Alle 25 hehtaarin tiloilla nurmiala oli noin 30 % kun taas yli 80 hehtaarin tiloilla nurmea oli alle 10 % peltoalasta. Vastaavasti suurilla tiloilla viljeltiin selvästi enemmän kevätkylvöisiä erikoiskasveja (öljykasvit, palkokasvit, ym. noin 20 % peltoalasta) ja tulos tuki hyvin aikaisempaa käsitystä viljanviljelyn ja nurmituotannon eriyttämisestä.

Tilan koko ei näytä pelkästään vaikuttavan nurmiviljelyn yleisyyteen viljelykierroissa, vaan myös lohkokoon valintaan (Taulukko 1). Pienillä alle 25 hehtaarin tiloilla 1- ja monivuotisia tuotantonurmia viljeltiin keskimäärin noin hehtaaria pienemmällä kasvulohkon alalla kuin suurilla (> 80 ha) tiloilla. Sen sijaan aktiivituotannosta poistettuja nurmia kuten HVP-peltoja viljellään keskimäärin hieman yli hehtaarin kokoisilla kasvulohkoilla riippumatta tilan koosta.

Taulukko 1. Tilan peltoalan (ha) vaikutus kasvulohkon koon (ha) valintaan erityyppisiä nurmia viljeltäessä vuonna 2011.

ELY-keskus	Ei aktiivituotannossa olevat nurmet				Yksivuotiset tuotantonurmet				Monivuotiset tuotantonurmet			
	<25 ha	25-50	50-80	>80	<25 ha	25-50	50-80	>80	<25 ha	25-50	50-80	>80
Uusimaa	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	2,4	1,9	1,8	2,5	2,8	2,9
Häme	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,9	2	2	1,8	2,2	2,4	3
Kaakkois-Suomi	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,1	3,4	1,7	1,9	2,3	2,5
Keskimäärin	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,4	1,8	2,2	2,5	2,8

ProAgrian Lohkotietopankin vuosien 2001–2008 aineistosta selvitettiin nurmiviljelyn vaikutusta seuraavana viljeltävien satokasvien lannoituskäytäntöihin sekä hehtaarisatoihin. Esikasvivuoden lisäksi oli mahdollista selvittää vaikutusta, kun nurmenviljelystä oli aikaa kaksi vuotta. Haasteena oli se, että samoilta tiloilta ja lohkoilta oli saatavissa tietoa vain satunnaisesti, koska tietoa ei kerätä systemaattisesti kaikilta tiloilta. Tarkastelussa huomioitiin vain viljelykasvit, jotka toimivat oikeasti nurmen välikasvina, jolloin mahdolliset nurmen suojakasviviljelykset jätettiin pois.

Tuloksista nähdään, että nurmiviljelyn vaikutus parani toisena vuotena, jolloin selvityksessä olleiden satojen suhdeluku nurmen jälkeen viljeltynä oli sama kuin jos esikasvina olisi ollut sama kasvi. Nurmen esikasvivaikutus tuli parhaiten esille öljykasvien ja syysviljojen kohdalla, jolloin satojen suhdeluvut kohosivat 1,12–1,3 silloin, kun nurmiviljelystä oli aikaa kaksi vuotta. Tosin öljykasvien ja syysviljojen tuloksien luotettavuutta voi heikentää melko vähäinen vertailuparien (nurmi – jälkikasvi) määrä (öljykasveilla ja syysviljoilla 10–20 kpl) verrattuna kauraan ja kevätkuonnan (50–60 vertailuparia/kasvi).

Taulukko 2. Nurmen esikasvivaikutus kevätkylvöisten kasvien ja syysviljojen sadon suhdelukuun ProAgrian Lohkotietopankin aineiston mukaan.

Satokasvi	Sadon suhdeluku nurmen jälkeen verrattuna yksipuoliseen viljelyyn (esikasvina sama kasvi)	
	Nurmea viljelty edellisenä vuotena	Nurmea viljelty 2 vuotta aiemmin
Kaura	0,88	0,88
Kevätvehnä	0,75	0,87
Ohra	0,83	0,81
Rypsi/rapsi	1,20	1,3
Syysvilja	0,71	1,12
Keskimäärin	0,87	1,0

Se, millaisena nurmen esikasvivaikutus näkyi seuraavan satokasvin tuotannossa, vaikutti todennäköisesti myös käytetty lannoitustaso. Nurmen jälkeen eri satokasvien typpilannoitus (huomioitu sekä väkilannoitteet että karjanlannan typpi) oli kevätkuonon ja syysviljojen kohdalla vain puolet tavanomaisesta hehtaarikohtaisesta typpimäärästä. Tämä ilmeisesti vaikutti ja näkyi viljasatojen notkahduksena heti nurmivuoden jälkeen. Jälkikasvin typpilannoitustarpeeseen vaikuttaa se, paljonko apilaa on nurmen seassa, mutta siitä meillä ei ollut tietoa saatavilla. Aineistoa ei tässä yhteydessä käsitelty myöskään alueittain, mikä olisi todennäköisesti tuonut lisätietoa nurmen vaikutuksesta yksivuotisiin satokasveihin. Joka tapauksessa nurmien lannoituskäyttöihin kannattaa jatkossa kiinnittää huomioita jälkikasvivaikutuksen maksimoimiseksi.

Vaikka monien viljelykasvien sadot jäivät pienemmiksi nurmien jälkeen viljeltynä, satomäärien lasku ei ollut kuitenkaan niin suuri kuin lannoitevajasta olisi voinut olettaa. Kiinnostavaa oli havaita viitteitä nurmiviljelyn tyypin käytön tehokkuutta parantavasta vaikutuksesta. Yhtä typpikiloa kohti lasketta kevätkuonosta saatiin satoa 17 kg ja syysviljasta 8,5 kg enemmän kuin silloin, jos esikasvina oli sama kasvi. Suhdeluvuilla ilmaistuna kevätkuonon tuotettiin yhdellä typpikilolla 1,64 kertaa ja syysvehnällä 1,35 kertaa enemmän kuin yksipuolisessa viljelyssä.

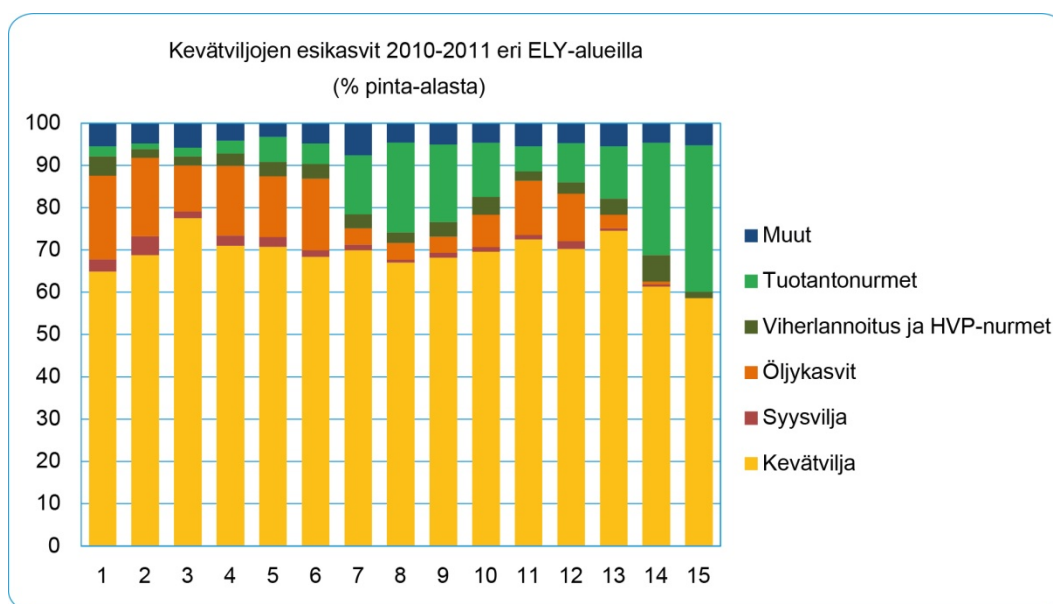
Pro Agrian lohkotietopankkiaineiston perusteella voidaan lisäksi todeta, että nurmia käytetään viljojen esikasveina varsin vähän (Kuva 14), osuudet olivat viljojen esikasveista vain 2,5 (ohrat)–9,7 % (kaura) (Keskitalo ym. 2010b).

Yllättävää oli se, että typpilannoitusta annettiin viljoille nurmien jälkeen selvästi vähemmän kuin viljoille yleensä, esim. kevätkuononalle vain 50–70% tavanomaisesta käytöstä. Kun aineistosta poistettiin ne tapaukset, joissa viljojen lannoitus oli selvästi alempi, vaikutti nurmi esikasvina edullisesti kauran, öljykasvien ja syysviljojen satoihin verrattuna näiden kasvien yksipuoliseen viljelyyn.

MTT:n virallisten lajikekoeaineiston perusteella puna-apilaturmi esikasvina nosti kevätkuonon tuhannen siemenen painoa (keskimäärin 0,8 g) sekä jyvän valkuaispitoisuutta (keskimäärin 1,4 %).

Esimerkiksi Yaran 2009 kokeissa apilan jälkeen kylvetystä kevätkuononasta saatiin jopa yli 8000 kg hehtaarisadot kun taas ohran jälkeen sadot olivat parhaimmillaan noin 7500 kg (Kauppila 2010).

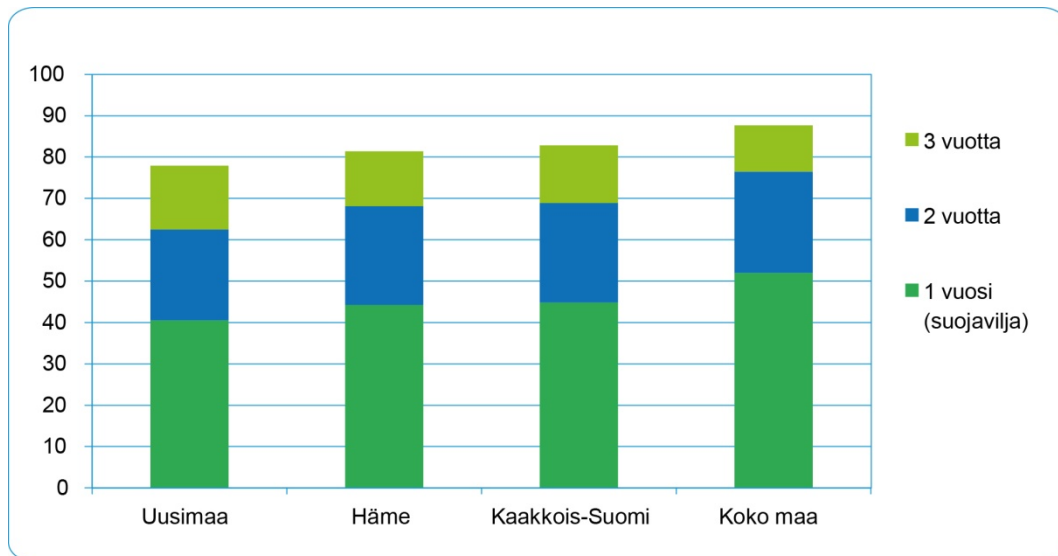
Nurmikasvien asemaa viljelykierrossa selvitettiin MAVIn lohkotietoaaineiston perusteella. Tarkastelussa tutkittiin vuoden 2011 viljelykasvien esikasveja vuodelta 2010 ja vuonna 2010 lopetettuja nurmien jälkeen samalla lohkokolla v. 2011 viljeltyjä kasveja. Vuonna 2010 lopetettujen tuotantonurmien ala oli 101 000 ha ja Hoidettu viljelemätön pelto käyttöluokkiin (Luonnonhoitopelto ja viherkesannot) lopetettujen nurmien ala oli 39 500 ha. Tässä ”tuotantonurmilla” tarkoitetaan säilörehu-, heinä- ja laidunnurmia sekä sementtuotantonurmia.



Kuva 14. Nurmien osuus (vihreä väri) kevätkuonon esikasvina eri ELY-keskusten alueella vuonna 2011 viljellyillä kevätkuononilla. Hämeen, Kymenlaakson ja Uudenmaan ELY-keskukset ovat numerot: 4, 6 ja 1. Niillä kaikilla nurmen osuus kevätkuonon esikasvina on alle 10 prosenttia.

Kun tuotantonurmi lopetettiin niin seuraavana vuonna lohkokolla oli useimmiten rehuohraa (30,5 %) ja kauraa (27,7%). Erilaisina muina kuin tuotantonurmia (luonnonhoitopelto, viherkesanto) jatkui runsaat 16,3 prosenttia lopetetusta tuotantonurmialasta. Syysrukiille meni vain 1,4 prosenttia lopetetusta tuotantonurmialasta. Vuonna 2010 lopetetuista Hoidettu viljelemätön pelto kategorian nurmiluokista vuonna 2011 24,9 prosenttia jatkoi rehunurmia ja 4,7 prosenttia viherlannoitusnurmia. Nurmituotannossa jatkoi noin 30 prosenttia lopetetuista HVP-nurmista eli yllättävän suuri määrä. Rukiille ja syysvehnälle kylvettiin vain 2 prosenttia lopetetun HVP-nurmen alasta vuonna 2011.

Samana nurmilohkon palaamista takaisin nurmeksi tarkasteltiin MAVIn aineiston avulla vertaamalla eri vuosien viljelytietoja samoilta lohkoilta (Kuva 15). Tulosten perusteella tuotantonurmet perustetaan nopeasti uudelleen nurmiksi niiden lopettamisen jälkeen. Usein on vain yksi välivuosi eli suojaviljavuosi ennen kuin nurmi palaa nurmeksi. Sen sijaan luonnonhoitopellot (HVP) ovat pitkiä aikoja samoilla lohkoilla. Niitä ei uudisteta usein ja niitä on käytetty usein tuotantonurmia ennen luonnonhoitonurmena.



Kuva 15. Kuvio osoittaa kuinka nopeasti nurmilohko palaa takaisin nurmiviljelyyn nurmen lopettamisen jälkeen. Aineisto on karjatilojen vuonna 1995 lopetetun nurmilohkon välivuosien määrä ennen palaamista takaisin nurmiviljelyyn. Tarkastelujakso 1995–2011. Tulokset esitetään Uudenmaan, Hämeen ja Kaakkois-Suomen ELY-keskuksista sekä koko maasta.

Aineistosta selvitettiin, mitä kasvia vuonna 2010 lopetettujen tuotantonurmien (101073 ha) ja HVP-nurmien (39511 ha) lohkoilla viljeltiin vuonna 2011. Vain 2 prosenttia lopetetusta HVP-alasta käytettiin syysviljojen perustamiseen. Kevätviljojen ja rypsin osuus oli alle 50 prosenttia. Lähes kolmannes jatkoi nurmen muissa käyttöluokissa. Kevätviljaa on tuotantonurmien jälkeen yli 60-prosentilla lopetetusta nurmialasta. Suuri osa tästä on itse asiassa suojaviljaa tulevalle nurmelle.

Tarkastelun tulokset viittaavat siihen, että nurmien esikasvivaikutusta ei käytettäne aktiivisesti viljelykierrossa vaan päätökset viljelykierrosta tehdään muilla perusteilla. Esimerkiksi lohkon sijainti tilakeskukseen tai navettaan nähden saattaa määrittää lohkon viljelyä.

Lohkotietopankkiselvityksen tulokset on julkaistu:

- Keskitalo, M., Jauhiainen, L., Niemeläinen O. 2013. Kasvinviljelytilan nurmiala riippuu tilan koosta. Käytännön Maamies 6/2013. pp. 36–39.
- Keskitalo, M., Jauhiainen, L., Niemeläinen, O. ja Peltonen S. 2013. Nurmien osuus riippuu kasvinviljelytilan koosta. KM 6/2013 s 50–53.
- Niemeläinen, O., Jauhiainen, L., Keskitalo, M. 2012. Nurmet ovat samoilla lohkoilla lähes vuodesta toiseen. Maaseudun Tiede 69, 3(22.10.2012): 12.

3.2.2 Bionurmi-hankkeen viljelykiertokokeet hankealueella

Tutkimuksessa haettiin kohdealueelta pitkää yksipuolisessa viljanviljelyssä olleita lohkoja. Niille perustettiin keväällä 2010 koe, jonka koejäseniä ovat:

- 1) Kaksivuotinen heinänurmi
 - 2) Kaksivuotinen apilaseosnurmi
 - 3) Vilja monokulttuuri eli vilja (ohra) koko koejakson ajan
 - 4) Yksivuotinen apilaseosnurmi ja vilja kahtena vuonna sen jälkeen
 - 5) Vilja ja sen jälkeen yksivuotinen apilaseosnurmi ja vilja jälleen jälkeen
- Lisäksi Jokioisten koepaikassa olivat mukana seuraavat koejäsenet:
- 6) Yksivuotinen rainataheinänurmi vuonna 2011 ja vilja v. 2012 ja v. 2013
 - 7) Yksivuotinen rainataheinänurmi vuonna 2012 ja vilja v. 2013

Vuonna 2010 kaikki lohkot olivat viljalla ja osalla ruuduista (koejäsenet 1, 3 ja 4 olivat suojaviljana. Jälkivaikutusta mittaavana vuonna 2013 kaikki lohkot olivat viljalla.

Nurmiseokset ja niiden typpilannoitus nurmivuosina:

Seos 1 Koejäsen 1: Kaksivuotinen heinäseos: timotei 15 kg/ha + ruokonata 10 kg/ha. Typpilannoitus 100 + 100 kg N/ha kahdelle niitolle. Niitto kaksi kertaa kesässä.

Seos 2 koejäsen 2: kaksivuotinen palkokasviheinäseos: timotei 10 kg/ha + ruokonata 10 kg/ha + puna-apila 5 kg/ha. Seoksessa on typensitojakasvia 20% siemenseoksen painosta ja siten seos mahdollistaisi luonnonhoitonurmen perustamisen. Lannoitus 40 kg N/ha keväällä. Niitto kaksi kertaa kesässä.

Seos 3 koejäsen 4 2010 ja koejäsen 5 v. 2011: Puna-apila 5 kg/ha ja timotei 5 kg/ha. Esimerkiksi yksivuotiseen viherkesantoon sopiva seos. Riittävä kasvusto viherkesannoksi saadaan suhteellisen pienellä siemenpanostuksella. Lannoitettiin 40 kg N/ha keväällä. Otettiin kaksi satoniittoa.

Seoksissa käytetyt lajikkeet olivat: Tuure-timotei, Retu-ruokonata, ja Bjursele-puna-apila. Nurmi-kasvustot kylvettiin Oyjord-koeruutukylvökoneella viljan kylvön jälkeen. Ruutupituus oli 10 m ja ruutuleveys 4,5 m. Kerranteita oli kokeissa 4 kpl.

Koepaikkoina olivat Mustiala Tammelasta (Kuva 18), Harjun oppimiskeskus Virolahdelta ja Västankvarnin koetila Inkoossa (Kuvat 16 ja 17) eli kokeita oli yksi kunkin osallistuvan ELY-keskuksen alueella. Lisäksi MTT:n kasvintuotannon yksikkö perusti Jokioisille kaksi koejäsentä laajemman kokeen. Oheinen kaavio kuvaa kokeiden viljelykierron vaiheen eri vuosina. Vuonna 2012 korjattiin viimeinen nurmisato ja vuonna 2013 nurmen jälkivaikutuksen mittausta tehtiin koko kokeen alalla. Kokeen ruutukoko on niin suuri, että vuonna 2013 esikasvin jälkivaikutusta mittaavaan koeruutuun voitiin laittaa kaksi typpilannoitustasoa. Tässä kerrotaan pääpiirteisesti nurmivuosien sadoista ja hieman tarkemmin nurmen jälkivaikutuksesta viljan satoon jälkivaikutusvuonna 2013. Koesarjan tulokset esitetään tarkemmin erillisissä julkaisuissa.

2010	2011	2012	2013
suojavilja	nurmi	nurmi	vilja
suojavilja	apilanurmi	apilanurmi	vilja
vilja	vilja	vilja	vilja
suojavilja	apilanurmi	vilja	vilja
vilja	suojavilja	apilanurmi	vilja



Kuvat 16 ja 17 Inkoon koeruuduista, heinäruutu vasemmalla ja monivuotinen apila-heinä-seoskasvusto oikealla. Kuvattu 26.5.2011



Kuva 18. Mustialan koeruuduilta marraskuun alussa 2011. Nurmikasvit kykenivät hyödyntämään pitkän lämpimän syksyn.

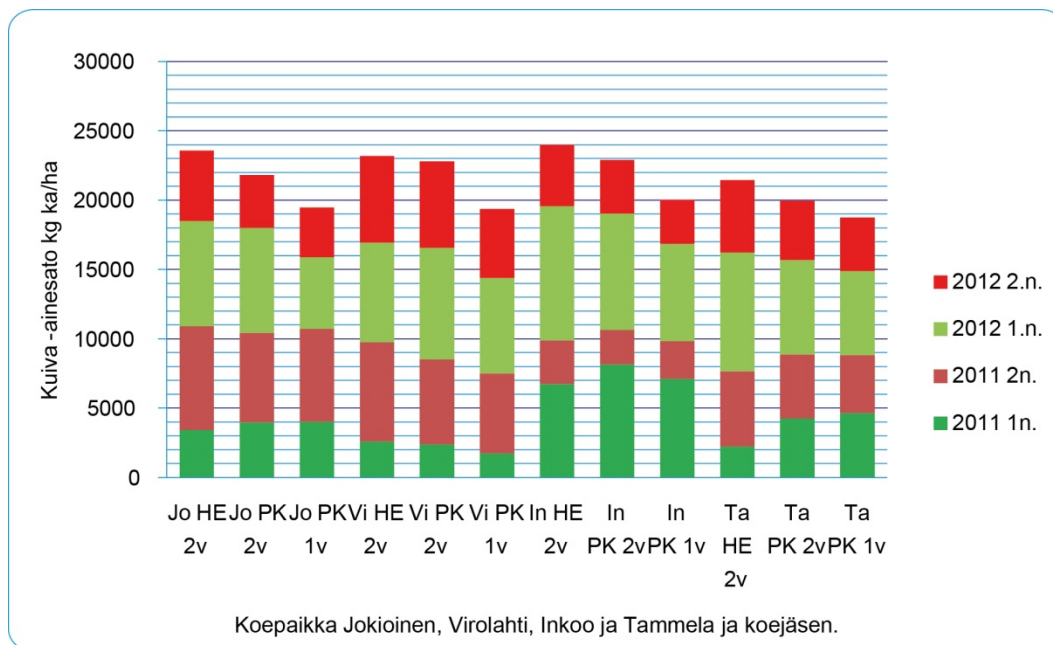
Taulukko 3. Eri koepaikkojen maan viljavuusanalyysin tulokset. Näyte on otettu monokulttuuriviljakoejäsenen koeruuduista syksyllä 2011.

Koepaikka		Jokioinen	Tammela	Inkoo	Virolahti
Maalaji		HeS	HeS	HeS	HeS
Multavuus		rm	rm	rm	erm
Happamuus	pH	6,5	6,2	6,0	5,5
Kalsium	mg/l	3300	3400	2200	2200
Fosfori	mg/l	25	7,1	16	9,5
Kalium	mg/l	180	270	240	93
Magnesium	mg/l	360	770	290	220
Rikki	mg/l	13,5	11,4	14,0	15,3

Nurmiruuduista sato korjattiin sato kaksi kertaa kasvukaudessa ja kumpikin sato lannoitettiin. Nurmisaadosta tehtiin kasvilajimääritys (heinät-palkokasvit – leveälehtiset rikat). Viljasadot määritettiin ruuduittain. Kaikki ruudut kynnettiin kasvukauden 2012 päättyessä, paitsi Tammelassa, jossa peltojen märkyys esti syyskynnön v. 2012 ja koealue äestettiin keväällä 2013. Kasvukaudella 2013 koko koeala oli viljalla, tyyppilannoitustasoja oli kaksi. Vuoden 2013 päättyessä satotiedot olivat valmiit, mutta sadon laatuun liittyviä määrityksiä oli vielä meneillään.

Vuosina 2011 ja 2012 nurmista otettiin kaksi satoa. Kasvustot lannoitettiin keväällä ja ensimmäisen niiton jälkeen. Keväällä viljakasvustot kylvettiin. Nurmista otettiin kaksi niittoa. Niittopäivät olivat Harjussa 19.6. ja 22.8.; Jokioisissa heinät 20.6. ja 25.6. apilapitoisten kasvustojen ensimmäinen niitto ja 20.8. toinen niitto; Mustialassa 28.6. ja 28.8.; ja Inkoossa 3.7. ja 21.8.2012. Välittömästi ensimmäisen niiton jälkeen kasvustot lannoitettiin toista satoa varten. Viljasadot määritettiin ruuduittain. Viljasadot puitiin Win-

tersteigerilla muilla koepaikoilla paitsi Virolahdella. Virolahdella kokeessa oli runsaasti juolavehnää. Syksyllä kokeet ruiskutettiin glyfosaatilla jotta juolavehnä ei häiritsisi vuoden 2013 jälkivaikutusmittausta. Kokeet kynnettiin kasvukauden päättyessä. Ennen kyntöä otettiin viljavuus- ja typpinäytteet ruudutain. Ruutujen sijainti määritettiin tarkalla paikannuslaitteella vuoden 2013 jälkivaikutuksen seuranta varten. Silloin koko koeala oli viljalla ja vilja kylvettiin maatilamittakaavan kylvökoneella. Typpitasot lannoitettiin 1,5 m leveällä pintalevittimellä. Typpitasoja oli kaksi 40 ja 80 kg N/ha paitsi Jokioisilla, jossa lannoitustasot olivat 80 ja 120 kg N/ha. Alempi typpilannoitus annettiin kylvön yhteydessä ja lisälannoitus pintalannoituksena kylvön jälkeen.



Kuva 19. Nurmikoejäsenten eri niittojen kuiva-ainesadot kumulatiivisesti esitettynä koepaikoittain ja koejäsenittäin. Tässä yhden vuoden nurmien sadot (koejäsenet 4 ja 5) on laskettu yhteen vaikka ao. sadot saatiin eri ruuduilta. Koejäsenet: HE 2v= 2-vuotinen heinänurmi; PK 2v= 2-vuotinen palkokasviheinäseosnurmi, PK 1v= 1-vuotinen palkokasviheinäseosnurmi.

Nurmista saatiin suuret sadot molempina nurmituotantovuosina 2011 ja 2012. Kaksivuotisten heinä- ja palkokasviheosnurmiensa kokonaissato on kaikille neljällä koepaikalla yhteensä yli 20 000 kg ka/ha kahden vuoden kokonaissatona eli keskimäärin ylin 10 000 kg ka/ha vuodessa (Kuva 19.). Yksivuotisen apilaseosnurmen sato vaihteli hieman enemmän, mutta senkin kahden vuoden kokonaissato lähenteli 20 000 kg ka/ha kahden vuoden kokonaissatona.

Apilakasvustot perustuivat muuten hyvin paitsi Virolahden vuoden 2010 kylvöissä ne eivät perustuneet juuri lainkaan ja vuonna 2011 apilan osuus nurmisadossa oli Virolahdella alle yhden prosentin. Vuonna 2011 kylvetty yksivuotinen apilaturmi taimettui Virolahdellakin hyvin. Apilaa sisältävien koejäsenten apilapitoisuudet niittosadoissa esitetään taulukossa 4. (Taulukko 4.4).

Taulukko 4. Apilapitoisuus sadossa (prosenttia tuoresadosta) koejäsenissä 2 ja 4 & 5 niitoittain ja koepaikoittain vuosina 2011 ja 2012.

Koepaikka	Koejäsen	2011 1 n.	2011 2 n.	2012 1 n.	2012 2 n.
Jokioinen	2	62,3	68,0	32,4	46,4
	4	74,4	84,7	62,2	62,2
Tammela	2	77,3	71,8	31,6	22,4
	4	90,0	95,5	86,2	66,8
Inkoo	2	65,8	62,3	31,0	7,0
	4	82,0	9,7	57,6	32,7
Virolahti	2	0,2	0	0	0
	4	0,4	0,2	71,3	48,0

Nurmisadot olivat suuret ja sadon mukana poistui merkittävä määrä ravinteita. Taulukossa 5. kuvataan Jokioisten kokeen koejäsenten 1. Heinänurmi ja 2. Palkokasviseosnurmi nurmisadoissa vuosina 2011 ja 2012 poistuneiden ravinteiden määrää. Palkokasvinurmiseoksia käyttämällä voidaan tuottaa kestävästi pienellä typpilannoituksella biologisen typensidonnan avulla, mutta ennen pitkää muiden ravinteiden poistuma on korvattava. Palkokasvinurmien heinäurmia suurempi kalsiumin otto näkyy taulukon luvuissa.

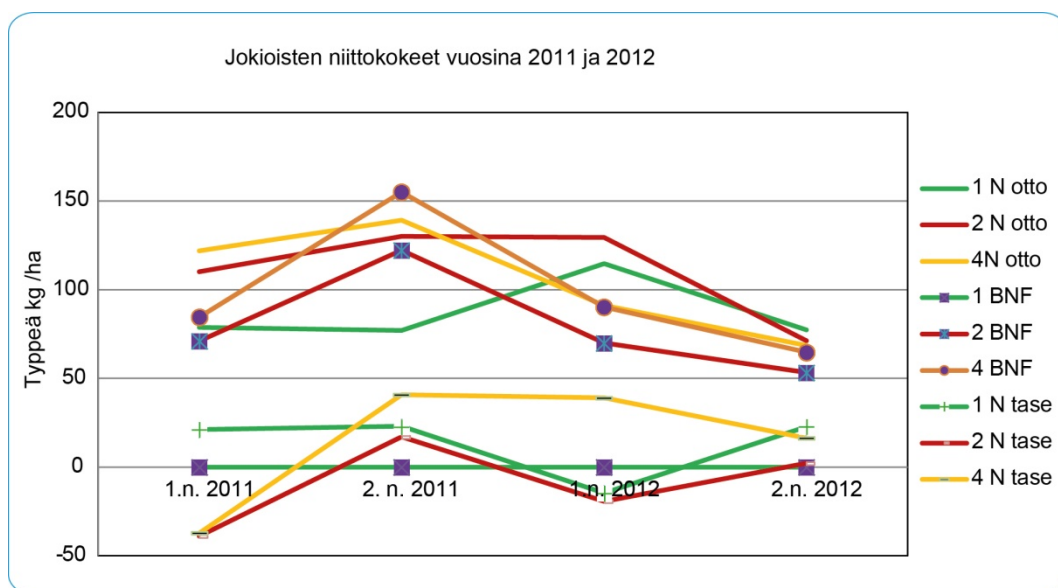
Nurmi kasvustojen typpitaseita tarkasteltiin kasvustoille annetun typpilannoituksen, kasvuston biologisesti sidotun typen arvion sekä kasvustosta sadon mukana poistuneen typen määrän avulla. Palkokasvinurmen biologisesti sidotun typen määrää voidaan karkeasti arvioida mm. Carlsson ja Huss-Danell (2003) kuvaaman kaavan avulla:

*biologisesti sidotun typen määrä (kg/ha) = 0.026 * puna-apilan kuiva-ainesato (kg ka/ha) + 7. Nykänen (2008) totesi kaavan toimivan varsin hyvin Suomen olosuhteissa.*

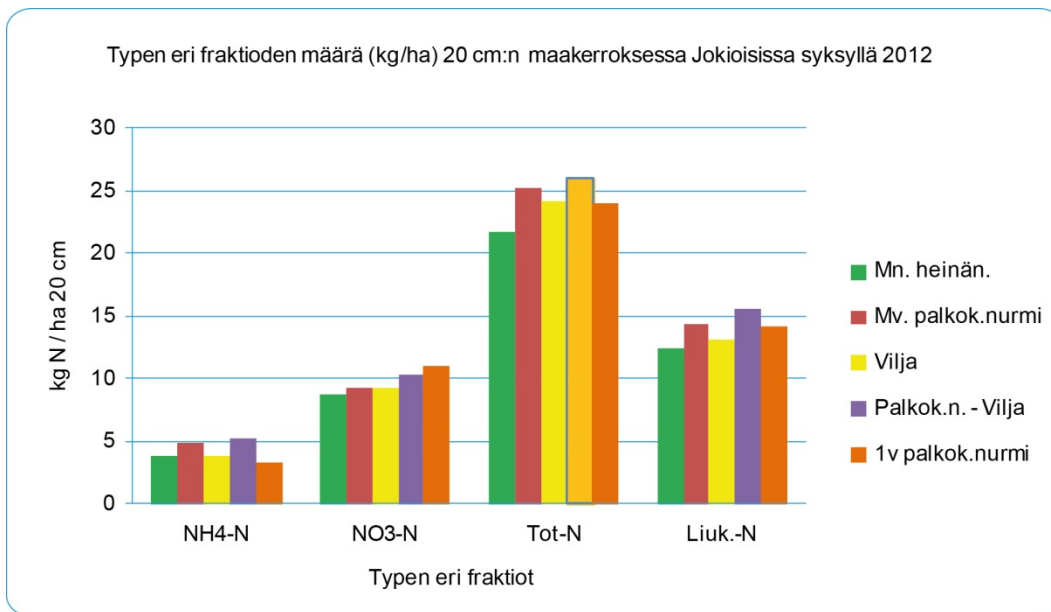
Kuvassa 20 esitetään Jokioisten kokeen nurmikoejäsenten typpitaseet niitoittain vuosina 2011 ja 2012. Näkyviin on laskettu myös biologisen typen sidonnan määrä kg N/ha niitto.

Taulukko 5. Jokioisissa nurmisadon mukana poistuneiden ravintein määrä (kg /ha) niitoittain koejäsenissä 1) monivuotinen heinäurmi ja 2) monivuotinen palkokasviseosnurmi.

Heinän. (1)	1n 2011	2n 2011	1n 2012	2n 2012	Yhteensä
Sato kg ka ha	3430	7490	7570	5100	23590
N kg /ha	79	77	115	77	348
P kg /ha	12,3	16,3	20,1	13,0	61,7
K kg /ha	112	175	209	150	646
Ca kg/ha	13,1	25,3	21,2	25,8	85,4
Palkok.seosn. (2)	1n 2011	2n 2011	1n 2012	2n 2012	Yhteensä
Sato kg ka ha	3960	6480	7540	3840	21820
N kg /ha	110	130	129	71	440
P kg /ha	12,4	16,2	18,5	9,5	56,6
K kg /ha	122	174	187	109	592
Ca kg/ha	49,9	68	46,9	30,6	195,4



Kuva 20. Nurmi koejäsenten typpitaseet ja arvio biologisen typen sidonnan määrästä koejäsenittäin ja niitoittain Jokioisten kokeessa vuosien 2011 ja 2012. Koejäsen 1= kaksivuotinen heinäurmi (lannoitus 200 kg N/ha/v); koejäsen 2= kaksivuotinen palkokasviseosnurmi (N-lannoitus 40 kg N/ha/v); koejäsen 4= yksivuotinen palkokasviseosnurmi (N-lannoitus 40 kg N/ha/v). Vuosina 2011 ja 2012 koejäsen 4 oli eri lohkoilla.



Kuva 21. Eri typpifraktioiden määrä kg N/ha eri viljelykasvien jälkeen syksyllä 2012 Jokioisten kokeessa laskettuna 20 cm paksulle muokkauskerrokselle.

Taulukko 6. Nurmen jälkivaikutusta mittaavien viljakokeiden kylvö- ja korjuupäivämäärät vuonna 2013 eri koepaikoilla.

Koepaikka	Kasvilaji	Lajike	Typpilannoitus kg/ha	Kylvöpvm	Typpi-lannoitus	Puintipvm
Jokioinen	Ohra	Saana	80 ja 120	8.5.	17.5.	20.8.
Tammela	Ohra	Tirill*	40 ja 80	21.5.	29.5.	16.8.
Inkoo	Ohra	Voitto	40 ja 80	16.5.	20.5.	16.8.
Virolahti	Kaura	Belinda	40 ja 80	17.5.	20.5.	21.8.

Kylvömäärä oli Jokioisissa 225 kg/ha (Saana ohra) ja Tammelassa 160 kg /ha ja Inkoossa 185 kg/ha. Inkoossa ja Tammelassa viljaan kylvettiin nurmikasvusto eli kyseessä v. 2013 oli suojavilja.

Syksyllä 2012 olosuhteet olivat niin märät, että Mustialan koetta ei pystytty kyntämään syksyllä. Keväällä koealue muokattiin perusteellisesti. Koealue ruiskutettiin glyfosaatilla myöhään syksyllä. Teho jäi varsin heikoksi ja Tammelassa nurmikasvusto kasvoi viljan läpi seuraavan kesänä jossakin määrin mikä haittasi jälkivaikutustulosten tulkintaa. Tammelan tulokset jätettiin tilastollisesta tarkastelusta sen vuoksi pois.

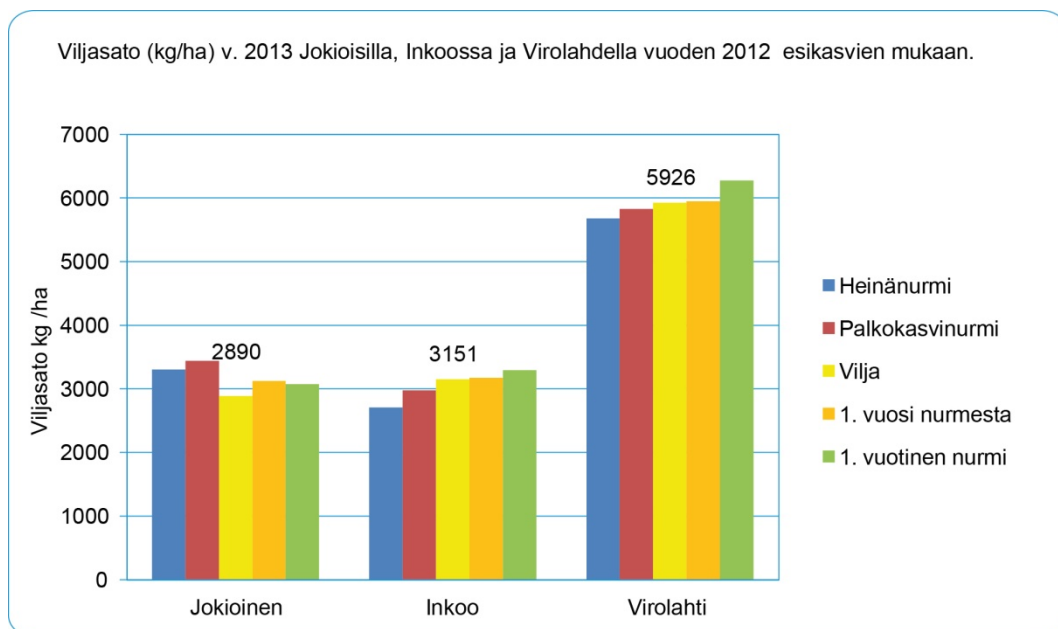
Niin sanottu peltomaan laatutesti (lapiotesti) tehtiin sadonkorjuun jälkeen v. 2013 Jokioisissa ja Inkoossa. Testin tekeminen on varsin työlästä. Jokioisten kokeesta testi tehtiin viidestä koejäsenestä ja neljästä kerranteesta 5.9–24.9.2013 välisenä aikana. Inkoossa testi tehtiin kahdesta kerranteesta monokulttuuriviljasta ja kaksivuotisista heinä- ja palkokasvinurmista 18–24.9.2013. Merkittäviä muutoshavaintoja maan ominaisuuksissa ei pantu merkille. Viljasato puitiin koeruutupuimurilla ruuduittain. Yhdessä kokeessa oli 40 satoruutua vuonna 2013.

Taulukko 7: Viljasadot (kg/ha) vuonna 2013 eri koepaikoilla alhaisella ja 40 kg N/ha korkeammalla typpilannoitustasolla.

Koepaikka	Jokioinen		Inkoo		Virolahti		Tammela *	
Typpilannoitus kg/ha	80	120	40	80	40	80	40	80
Koejäsen /sato	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Heinänurmi 2v.	3248	3359	2754	2656	5611	5749	2705	3340
Palkokasvinurmi 2v.	3366	3516	2510	2961	5819	5831	2999	3452
Viljamonokulttuuri	2846	2933	2803	3062	5848	6004	3637	4357
Vilja (palkok.nurmi)	3076	3166	3022	3331	5864	6034	3988	4486
Palkokasvin. (vilja)	2952	3196	3169	3414	6182	6370	4087	4677

* Tammelassa nurmea ei kynnetty v. 2012 ja nurmi kasvoi läpi viljakasvuston

Tilastollisessa tarkastelussa tutkittiin Jokioisten, Inkoon ja Virolahden koepaikoilta saatuja aineistoja yhtenä kokonaisuutena. Tammelan kokeen tuloksia ei tilastolliseen tarkasteluun yhdistetty, koska Tammelan koetta ei pystytty kyntämään syksyllä 2012 pellon märkyuden vuoksi. Nurmikasvusto kasvoi viljakasvuston läpi kesällä 2013. Koejäsen ja koepaikka yhdysvaikutus oli merkitsevä eli koejäsenten tuloksia olisi tarkasteltava koepaikoittain. Typpilannoituksella ei sen sijaan ollut merkitsevää yhdysvaikutusta koejäsenten ja koepaikan kanssa. Kuvassa 22 esitetään lannoitustasoittain yhdistetyt viljasadot Jokioisilla, Inkoossa ja Virolahdella koejäsenittäin



Kuva 22. Viljan sadot Jokioisilla, Inkoossa ja Virolahdella v. 2013 eri esikasvien jälkeen. Lannoitustasot on yhdistetty. Lannoitustasot Inkoossa ja Virolahdella 40 ja 80 kg N/ha ja Jokioisilla 80 ja 120 kg N/ha. Viljamonokulttuurin hehtaarisato on esitetty kuvassa.

Eri tekijöiden tilastollinen merkitsevyys Jokioisten, Inkoon ja Virolahden yhdistetyssä aineistossa:

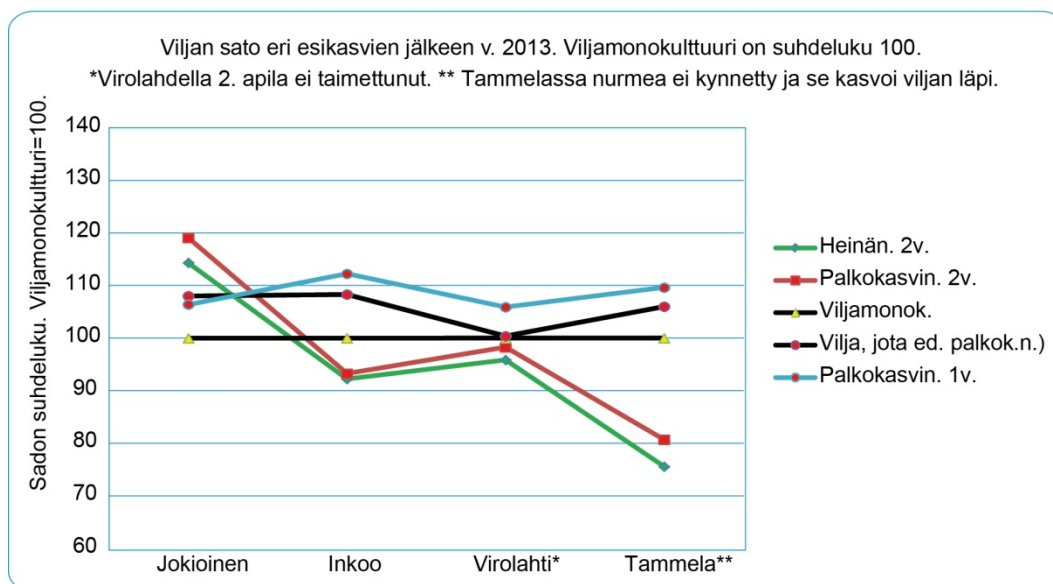
	Tilastollinen eron p-arvo*
Typpilannoitus (alempi vs. korkeampi lannoitus)	0.0002
Koejäsen	0.0735
Typpilannoitus * Koejäsen	0.2014
Koepaikka	<.0001
Typpilannoitus * Koepaikka	0.5992
Koejäsen * Koepaikka	0.0142
Typpilannoitus * Koejäsen * Koepaikka	0.2923

*Jos p-arvo on esim. 0.01 niin tutkittavat keskiarvot eroavat toistaan yhden prosentin tasolla eli todennäköisyys, että keskiarvojen välillä on eroja on 99-prosenttia.

Koejäsen ja koepaikka yhdysvaikutus oli merkitsevä eli koejäsenten tuloksia on tarkasteltava koepaikoittain. Typpilannoituksella ei sen sijaan ollut merkitsevää yhdysvaikutusta koejäsenten ja koepaikan kanssa. Korkeammalla typpilannoituksella (80 kg N/ha Inkoossa ja Virolahdella ja 120 kg N/ha Jokioisilla saatiin keskimäärin 4135 kg/ha ja alhaisemmalla lannoituksella (40 kg N/ha Inkoossa ja Virolahdella ja 80 kg N/ha Jokioisilla) keskimäärin 3970 kg/ha. Ero oli tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 8. Tyypilannoitustasot yhdistetyt viljasadot koepaikoittain ja eron tilastollinen merkitsevyys monokulttuuriviljan satoon nähden (ns= ero ei ole tilastollisesti merkitsevä).

Koepaikka	Jokioinen	Inkoo	Virolahti
Esikasvi	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Heinänumri 2v.	3303 (0.036)	2705 (0.03)	5680 (ns)
Palkokasvinurmi 2v.	3441 (0.006)	2975 (ns)	5825 (ns)
Viljamonokulttuuri	2890	3151	5926
Vilja (palkok.nurmi)	3121 (ns)	3177 (ns)	5949 (ns)
Palkokasvin. (vilja)	3075 (ns)	3291 (ns)	6276 (0.07)



Kuva 23. Esikasvin vaikutus viljasatoon eri koepaikoilla v. 2013 esitetynä suhdelukuna viljamonokulttuuriin. Tammelan tuloksissa on otettava huomioon, että syyskynntöä ei pystytty tekemään syksyllä 2012 ja nurmikasvusto kasvoi osittain viljakasvuston läpi v. 2013.



Nurmiruutujen sadonmittaus Harjun koulutilalla 19.6.2012. (Kuva: Oiva Niemeläinen)

3.3 Nurmen viljelyyn on paljon kannustimia -yhteenveto

Eri viljelykasveilla tehtyjen kiertotutkimusten perusteella esikasvivaikutukset voivat olla lyhyt- ja pitkäkestoisia. Kasvinsuojelu- ja erityisesti kasvitautipaineen väheneminen sekä esikasvin jättämä typpivaikutus ovat yleensä lyhytkestoisia ja tulevat esille 1–3 vuotta esikasvivuoden jälkeen. Esikasvi kuten nurmi voi hillitä viljojen kasvitautipainetta ja vaikutus tulee esille erityisesti sellaisina vuosina, jolloin olosuhteet viljojen taudeille ovat otolliset, ei välttämättä jokaisena vuotena. Ehkä systemaattisin vaikutus syntyy esikasvin typpitaseesta, jonka suuruuden havaittiin vaikuttavan seuraavana viljeltävän kevätvehnän satoihin. Kun esikasvien typpitase oli yksipuolista kevätvehnäviljelyä pienempi, yleensä myös jälkikasvina viljellyn kevätvehnä sato oli yksipuolista kevätvehnää pienempi. Sen sijaan kun esikasvin typpitase oli positiivinen, jälkikasvina viljellyissä kevätvehnissä havaittiin selkeät sadonlisät. (Keskitalo, Monisopu – tutkimus). Onkin hyvin todennäköistä, että heinävaltaisen nurmen epäedullinen esikasvivaikutus johtui pellon negatiivisesta typpitaseesta ja kertoo samalla nurmituotannon tehokkuudesta – tyyppiä ei ole levitetty turhaan. Näissä tapauksissa nurmen orgaanista ainesta ja makrohuokosia lisäävät sekä maata kuohkeuttavat edulliset vaikutukset tulevatkin todennäköisesti esille viiveellä, ja hyödyttävät viljan tuotantoa vasta muutaman vuoden kuluttua. Lyhytkestoisissa 3–4 vuotta kestävässä hankkeissa kaikki nurmiviljelyn hyödyt eivät ehdi tulla esille.

Tyypin käytön mahdollinen tehostuminen nurmiviljelyn jälkeen nousi Lohkotietopankin aineistossa esille. Vaikka aihe kaipaa vielä selvittelyä, voisi nurmien käyttö viljankierrossa parhaimmillaan tehostaa sadonmuodostusta hyvinkin merkittävästi, ja edistää samalla myös nurmen biokaasutuotannon kannattavuutta.

Nurmiviljelyn lisäämistavoitteissa tulee huomioida olemassa olevan pellon käyttö. Nurmea viljellään jo tällä hetkellä yleisesti pienillä tiloilla ja suurilla tiloilla selvästi vähemmän. Mikäli suurien tilojen halutaan lisäävän nurmialaa, tulee joko viljan tai kevätkylvöisten erikoiskasvien tuotantoa vähentää.

Nurmella on maan rakenteeseen positiivisia vaikutuksia etenkin jos nurmea on viljelyssä toistuvasti. Viherkesantojen, viherlannoitusnurmien ja palkokasvivaltaisten rehunurmien typpilannoitusteho vähentää seuraavan kasvin typpilannoitustarvetta. Biokaasulaitosta hyödyntämällä biologisesti nurmilla sidottu typpi voidaan hyödyntää mädätyksen jälkeen muussa kasvinviljelyssä ja siten merkittävästi laajentaa biologisesti sidotun tyypin käyttöä ja vähentää tarvetta kivennäistyyppilannoitukseen. Nurmen ympärivuotien kasvipeitteisyys on maata vesi- ja tuulieroosiolta suojaava tekijä. Monivuotisella nurmella on mahdollisuus vaikuttaa tilan työhuippujen ajoittumiseen. Monet nurmituotannon työt voidaan teetättää urakoitsijalla. Viljelijät tekevät omista lähtökohdistaan tilakohtaisesti ratkaisut nurmen käytöstä kasvinviljelytilalla. Monenlaisia mahdollisuuksia nurmen viljelyyn on olemassa ja nurmen tuottaminen biokaasun raaka-aineeksi toisi valikoimaan yhden vaihtoehdon lisää.

3.4 Lähteet

- Carlsson, G. ja Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253: 353–372.
- Keskitalo, M., Jauhiainen, L., Niemeläinen O. 2013. Kasvinviljelytilan nurmiala riippuu tilan koosta. *Käytännön Maamies* 6/2013. pp. 36–39.
- Niemeläinen, O., Jauhiainen, L., Keskitalo, M. 2012. Nurmet ovat samoilla lohkoilla lähes vuodesta toiseen. *Maaseudun Tiede* 69, 3(22.10.2012): 12.
- Nykänen, A. 2008. Nitrogen dynamics of organic farming in a crop rotation based on red clover (*Trifolium pratense*) leys. *AgriFood Research Reports* 121. 60 s. Helsingin yliopisto, tohtorin väitös 2008.

4 Vaihtoehtoisia korjuuketjuja

Matts Nysand, Pellervo Kässi ja Arja Seppälä

4.1 Ajosilppuriketjun ja kanttipaalausketjun työntutkimus

Biomassakustannuksen määrittämiseen laadittiin työmenekki-, kone- ja tarvikekustannuslaskelmat kahdelle nurmen korjuuketjulle:

- **korjuu irtotavarana ajosilppurilla** ja kuljetus traktoriperäkärriellä aumaan tai siiloon
- **korjuu suurkanttipaaleina** jotka kääritään muoviin yksitellen ja varastoidaan pinottuina pellon reunalle, josta ne myöhemmin kuljetetaan biokaasulaitokselle.

Ajosilppuri- ja suurkanttipaaliketjujen ensimmäiset työvaiheet, nimittäin niitto ja karhotus, oletettiin tehtäväksi samoilla koneilla molemmissa korjuuketjuissa, kuvat 24 ja 25. Niiton jälkeen luoko kuivataan ajosilppurikorjuuta varten yleensä puolesta päivästä päivään noin 30–35 prosentin kuiva-ainepitoisuuteen. Paalikorjuussa tähdätään selvästi kuivempaan tavarahan, 70–80 % kuiva-ainetta, johon yleensä vaaditaan pari–kolme kuivauspäivää. Niitetty ja kuivatettu luoko kannattaa kerätä karhottimella isompiin karhoihin, jotta ajosilppurille tai paalaimelle tulee vähemmän ajamista pellolla jolloin silppurityö tai paalaustyö tehostuu. Oletettiin että ajosilppurille karhotetaan luoko 14,5 metrin leveydeltä ja kanttipaalaimelle 9,5 metrin leveydeltä karhoa kohti.



Kuva 24. Niitto etu- ja takakoneyhdistelmällä, laskelmissa oletettu työleveys yhteensä 8 m.



Kuva 25. Niiton jälkeinen karhotus oletetaan laskelmissa tehtäväksi sivulle kerääväällä, työleveydeltään 7–8 m karhotimella siten että luoko kerätään edestakaisella ajolla 14,5 m leveydeltä karhoa kohti ajosilppurille ja 9,5 m leveydeltä kanttipaalaimelle.

Yhteistyössä Työtehoseuran (TTS) kanssa mitattiin suurkanttipaalauksen ja suurkanttipaalien muovikäännän sekä ajosilppurikorjuun työmenekkiä kummatkin kahdella eteläsuomalaisella tilalla, ja karhotuksen työmenekkiä yhdellä eteläsuomalaisella tilalla. Korjuuketjujen muille työvaiheille laskettiin työmenekit Työtehoseuran aikaisemmista mittauksista (Peltonen ym. 2003, Maatalouden työnormit 1988).

Korjuuketjujen työmenekit on laskettu maatalouden työnormijärjestelmän ns. suoritusajan työmenekkien mukaan. Tämä lasketaan siten että työn mitatusta suoritusajasta poistetaan mahdollisiin keskeytyksiin mennyt aika, ja lisätään työnormijärjestelmän mukainen (Peltonen ym. 2003) työn rasittavuuden vaatima elpymislisä (10 % useimmille töille) ja työssä tavanomaisia häiriöitä vastaava häiriölisä (6 % useimmille töille). Suoritusajan työmenekki kuvaa siten melko pelkistetysti teholliseen työhön kuluva-aikaa. Tämä aika on valittu näihin laskelmiin sillä perusteella, että se vastaa sitä aikaa, josta koneurakoitsijat yleensä veloittavat.

Suoritusajakaan ei ole laskettu mukaan työnormijärjestelmän mukaisia valmistelu- tai apuaikoja, jotka ovat esimerkiksi työvaatteisiin pukeutuminen, työnjohto, koneiden varastosta otto ja päivittäiset huollot, kaksi päivittäistä kahvitaukoa á 12 minuuttia, peseytyminen. Tätä ns. koko työajan työmenekkiä voidaan käyttää esimerkiksi palkkatyövoimaa käyttävien tilojen suunnittelutilanteissa. Sitä ei esitetä tässä raportissa.

Ajosilppuriketju

Karhotettu nurmi oletettiin korjattavaksi keskikokoisella 280–420 kW ajosilppurilla vierellä ajavaan traktori-vaunuyhdistelmään, joka kuljettaa sen irtotavarana aumaan tai siiloon. Auma tai siilo voi sijaita kyseisellä maatilalla tai biokaasulaitoksella. Kuljetuksen työmenekkiin käytettiin TTS:n standardiajoista (Maatalouden työnormit 1988) hieman muokattua laskentatapaa. Ajonopeudet korjattiin vastaamaan nykypäivän 50 km/h liikennetraktorikalustoa. Vaunujen kooksi oletettiin 40 m³ ja vetotraktoreiden kooksi 110 kW. Rehun levitys ja tiivistys aumaan oletettiin tehtäväksi etukuormaintalikolla varustetulla 10 tonnin teollisuuskuormaimella. Levitys- ja tiivistyskoneen oletettiin olevan käytössä saman ajan kuin silppurikin, kuitenkin siten että 0,6 tonnilla levityskoneen omamassaa pystyi sulkemaan tonnin kuiva-ainetta tunnissa aumaan.

Korjuuketjun se osa, joka sisältää ajosilppurikorjuun, kuljetuksen ja rehun tiivistämisen oletettiin muodostavan toisiinsa sidotun kokonaisuuden, jossa pullonkaulaksi muodostuva työvaihe rajoittaa muidenkin

vaiheiden valmistumista. Näin laskelmassa ihmistyötunnit laskettiin tässä kokonaisuudessa hitaimman työvaiheen mukaan kaikille vaiheille, mutta konekohtaiset konetyötunnit kunkin työvaiheen oman työmenekin mukaan. Lisäksi oletettiin että rehun tiivistäminen jatkuu myös mahdollisten odotustaukojen aikana, jolloin sen ihmis- ja konetyömenekit ovat samat. Niittoa ja karhotusta käsiteltiin itsenäisinä työvaiheina, samoin auman esivalmistelu ja peittäminen. Auman esivalmistelun ja peittämisen työmenekkinä käytettiin tutkimustiloilta saatuja tietoja, 0,01 h / t rehun tuorepaino.



Kuva 26. Ajosilppuri ja traktori-kuljetusvaunuyhdistelmä.



Kuva 27. Levityskoneen pitää olla iso, jotta yksi ainoa kone ehtii kunnolla levittää ja tiivistää tehokkaan silppuri- ja kuljetusketjun nopeaan tahtiin tuomat isot rehuquorvat aumaan/siiloon

Kanttipaalausketju

Korjuuseen oletettiin käytettävän keskikokoista, 1,0 –1,3 m³ paaleja tekevää kanttipaalainta, ja sen veto-
traktoriksi 200 kW traktoria. Esimerkki 1,0 m³ paali: leveys 0,8 m, korkeus 0,9 m, pituus 1,4 m. Esimerk-
ki 1,3 m³ paali: leveys 1,2 m, korkeus 0,7m, pituus 1,5 m. Nämä olivat hankkeen kahden tutkimustilan
paalimitat. Käärinnän mitatut ja laskelmissakin käytetyt luvut (taulukko 9) ovat kahden hinattavan ja yh-
den nostolaitekiinnitteisen käärimen keskiarvot. Molemmissa käärintyyppissä paalit käärittiin kahdesta
muovirullasta yhtä aikaa. Saman käärimen kapasiteetti ha/h riippuu käärittävien kanttipaalien koosta: mitä
isommat paalit, sitä suurempi käärintäkapasiteetti ha/h, koska isoja paaleja käytettäessä käärittäviä paaleja
on lukumääräisesti vähemmän hehtaaria kohti. Työntutkimustiloilla käärittiin hinattavilla käärimillä
1,3 m³ kokoisia paaleja jolloin kapasiteetti oli 2,14 ha/h, ja nostolaitekäärimellä 1,0 m³ kokoisia paaleja
jolloin kapasiteetti oli 1,54 ha/h. Kustannuslaskelmissa oletettu toimintatapa on käärintä yhdellä takanos-
tolaitekiinnitteisellä käärimellä (jossa 2 muovirullaa) neljään muovikerrokseen. Käärinnän työmenekki-
lukuna käytettiin käärintyyppien keskiarvoa (taulukko 9) joka edustaa paalikokojen keskiarvoa. Käärintä-
traktori kerää myös paalit pellon reunalle etukuormainpidillä 2–3 paalia kerralla, sillä aikaa kun toista
paalia käärittään takanostolaitekäärimessä. Paalien keruu pellon reunalle ja käärintä onnistuu näin samalla
traktorilla ilman että keruu hidastaa käärintää, kun peltolohko on enintään noin 2 hehtaaria. Paaliketju on
siten laskettu lohkon koon ja työmenekin osalta mahdollisimman edullisen tilanteen mukaan. Jos lohko
on isompi kuin noin 2 hehtaaria ja jos halutaan että paalien keruu ei hidastaisi käärintää, tarvitaan paalien
keruuta varten erillinen etukuormaintraktori kuljettajineen ja peräkärriineen, mikä jonkin verran lisää
kustannuksia.

Kanttipaalaimen työsaavutus oli mittausten mukaan 18,4 tuoretonnia/h (paalattavan nurmen kuiva-
ainepitoisuuden ollessa 79 %). Käärinnän ja paalien siirron yhdistävä työvaihe muodostui havaintojen
mukaan rajoittavaksi tekijäksi, sillä sen työsaavutus oli vain 11,8 tuoretonnia/h.



Kuva 28. Suurkanttipaalaus.



Kuva 29. Paalien keruu etukuormainpihdillä pellon reunalle samalla kun toista paalia kääritään takanostolaitekäärimestä.



Kuva 30. Paalit pinotaan ja varastoidaan pellon reunaan, jolloin kuljetustyön tarve korjuuvaiheessa on pieni. Sieltä ne kuljetetaan biokaasulaitoksen tarpeen ja aikataulun mukaan traktoriperäkärjällä, rekalla tai tukkiautolla laitokselle.

Paalien kuljetuksen pellon laidasta biokaasulaitokselle oletettiin tapahtuvan vapaaseen tahtiin traktorilla, kourakuormaimella ja traktorivaunulla. Kourakuormaimella kuormaamisen ja kuorman purkamisen työmenekki laskettiin Suokannaksen (1999) julkaisemien lukujen perusteella.

Korjuuketjujen työvaiheiden kapasiteetit ja työmenekit

Taulukossa 9 esitetään korjuuketjujen keskeisten työvaiheiden kapasiteetit ja työmenekit. Tulokset ovat hankkeen kahden tutkimustilan keskiarvot. Luvut ovat korjuukertaa kohti ja pätevät satotasolle 3250 kg k.a./ha/korjuukerta, joka voidaan olettaa tyypilliseksi keskimääräiseksi sadoksi. Kustannuslaskelmat on tehty tälle satotasolle. Vuodessa oletetaan kaksi korjuukertaa (satoa).

Koska korjuu kanttipaalaimella tavanomaisessa eläinten rehun korjuussa kuitenkin ajoittuu kasvuston myöhäiseen kasvuvaiheeseen (heinäasteelle), esitetään taulukossa 10 kanttipaalityön kapasiteetti- ja työmenekkitulokset vertailun vuoksi myös sen kasvuvaiheen tyypilliselle satotasolle 5050 kg k.a./ha/korjuukerta. Tälle satotasolle ei tehty kustannuslaskelmia.

Luo'ossa oli korjuuhetkellä (kuivauksen ja karhotuksen jälkeen) keskimäärin 33 % kuiva-ainetta ajosilppurituloilla ja 79 % kanttipaalaustiloilla. Korjattavien lohkojen keskimääräiseksi pinta-alaksi oletettiin 2 hehtaaria molemmilla satotasoilla. Korjuuketjujen muiden kuin taulukoissa 9 ja 10 esitettyjen työvaiheiden työmenekit laskettiin edellisissä kappaleissa selostetuilla tavoilla.

Taulukko 9. Keskeisten työvaiheiden kapasiteetit ja työmenekit satotasolla 3250 kg k.a./ha/korjuukerta. Taustatiedot leipätekstissä.

Työvaihe	Karhoväli m	Ajonopeus km/h	Kapasiteetti per tunti			Työmenekki, hlötyötunteja		
			ha/h	t tuore/h	t kuiva/h	/ha	/t tuore	/t kuiva
Ajosilppurikorjuu	14,5	7,8	6,45	53,1	18,4	0,19	0,02	0,06
Kanttipaalaus	9,5	6,1	4,50	18,4	14,6	0,22	0,05	0,07
Kanttipaalien käärintä	14,2 paalia/ha		2,91	11,8	9,27	0,35	0,09	0,11

Taulukko 10. Kanttipaalityön (paalaus ja paalien käärintä) kapasiteetit ja työmenekit satotasolla 5050 kg k.a./ha/korjuukerta. Taustatiedot leipätekstissä.

Työvaihe	Karhoväli m	Ajonopeus km/h	Kapasiteetti per tunti			Työmenekki, hlötyötunteja		
			ha/h	t tuore/h	t kuiva/h	/ha	/t tuore	/t kuiva
Kanttipaalaus	9,5	4,5	2,89	18,4	14,6	0,35	0,05	0,07
Kanttipaalien käärintä	22,1 paalia/ha		1,84	11,8	9,27	0,56	0,09	0,11

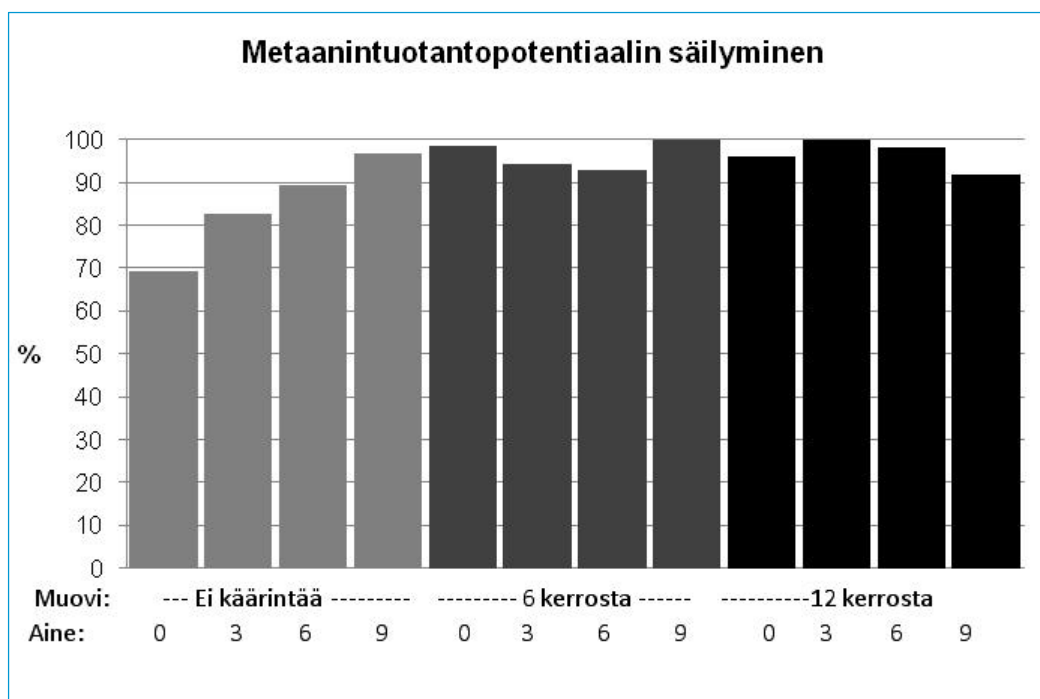
4.2 Säilöntäkoee, säilöheinää biokaasulaitokselle

Suurkanttipaaleihin paalattu säilöheinä mahdollistaa suuret hyötykuormat siirrettäessä nurmirehua pitkiä matkoja (Kuva31). Muovikustannus on paaleissa kuitenkin merkittävä menoerä, ja työllistää sekä säilöntävaiheessa että paalien avausvaiheessa. Kokeessa tutkittiin mahdollisuutta korvata muovi säilöntäainella, kun heinän kosteus on 25–28 %. Paalauksen yhteydessä heinään lisättiin Propcorn NC säilöntäainetta 0, 3, 6 tai 9 l/t. Paaleista yksi kolmasosa säilöttiin ilman käärintää ja loput käärittiin joko 6 tai 12 muovikerroksella. Kustakin käsittely-yhdistelmästä tehtiin neljä rinnakkaista paalia.

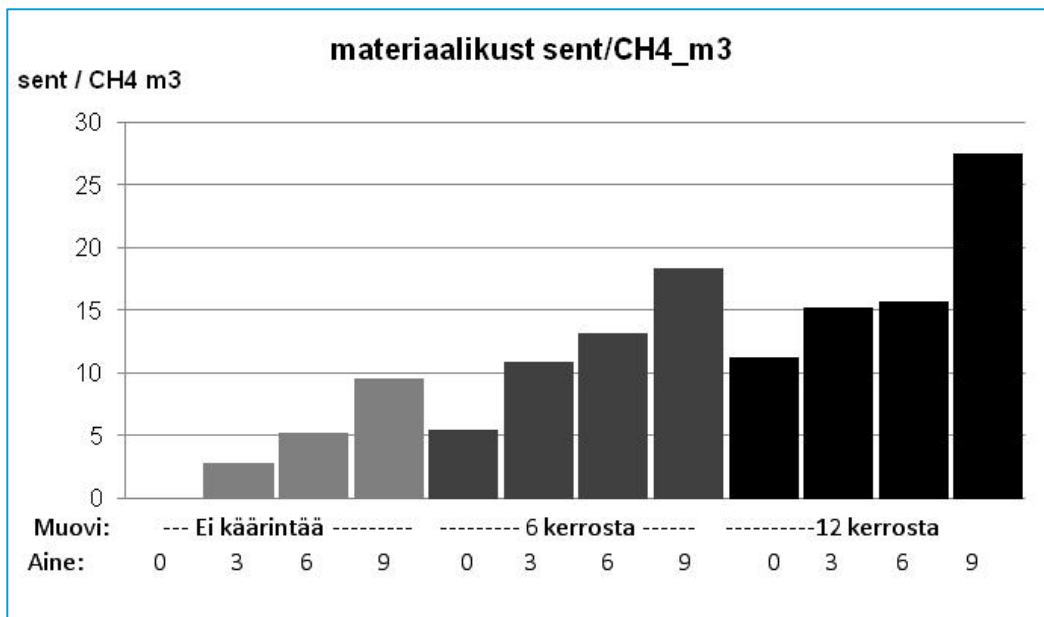


Kuva 31. Suurkantipaaleihin paalattu säilöheinä mahdollistaa suuret hyötykuormat.

Noin viiden kuukauden säilönnän jälkeen paalit avattiin, ne punnittiin ja heinän laatu ja metaanintuotto-potentiaali määritettiin. Käärimättömät paalit olivat päältä siistejä ja hyvän näköisiä, mutta avattaessa paalit pölisivät voimakkaasti ja heinä oli homeista. Muovikäärintä esti heinän homehtumisen. Sekä muovikäärintä että säilöntäaine pienensivät säilönnän aikaisia tappioita lineaarisesti (Kuva 32). Heinän metaanintuoton kannalta Propcorn NC säilöntäaine voi korvata muovikäärinnän, kun heinän kosteus on alle 26 %. Materiaalikustannukseltaan 6 kerrosta muovia tai 6 l Propcorn NC:tä/t ovat keskenään lähes samanveroiset (Kuva 33). Lisäksi tulee huomioida, että kääriminen kustannuksiin pitää lisätä työnlisä ja konekustannus sekä paalausvaiheessa että paaleja avattaessa. Näiden alustavien lukujen valossa näyttää, että mikäli lievä home ei ole suuri riski metaanintuotolle biokaasulaitoksessa, niin pitkälle kuivatun säilöheinän kääriminen muoviin voidaan korvata annostelemalla propionihappopohjaista säilöntäainetta. Tähän alustavaan tulokseen pitää kuitenkin suhtautua kriittisesti, sillä homeiden tuottamat antibioottiset yhdisteet voivat mahdollisesti jo pieninä määrinä haitata biokaasuprosessia, vaikkei se tässä laboratoriomittakaavan kokeessa tullut esille.



Kuva 32. Säilöntätavan vaikutus kostean (kosteutta noin 26 %) heinän/säilöheinän metaanin-tuotantopotentiaalin säilyvyyteen, säilöntäaika 5 kk. Säilöntäainetta Propcorn NC annosteltiin 0, 3, 6, tai 9 l/t, paalit jätettiin käärimättä tai käärittiin 6 tai 12 muovikerroksella.



Kuva 33. Paalikohtaiset muovitus ja säilöntäaine kustannukset suhteutettuna paaliin säilötyn rehun metaanintuottopotentiaaliin. Säilöntäkäsittelyt olivat Propcorn NC (0,3,6,tai 9 l/t), paalit jätettiin käärimättä tai käärittiin 6 tai 12 muovikerroksella.

4.3 Lähteet

- Maatalouden työnormit. Korjattu lisäpainos 1988. Työtehoseura. 156 s. ISBN 9517881339, 9789517881333.
- Peltonen, M., Karttunen, J. & Pentti, S. 2003. Säilörehunkorjuun työmenekki – korjuumenetelmät ja toiminnallisuus. Työtehoseuran maataloustiedote (560) 9/2003: 1–12.
- Suokannas, A., 1999. The baling methods in reed canary grass harvesting. In: Workshop -Alternative crops for sustainable agriculture. COST 814 Crop development for the cool and wet regions of Europe. 13–15 June 1999 Turku Finland. s. 34. Julkaisijat MTT, Suomi ja KVL, Tanska.

5 Millä ehdoin biokaasunurmen tuottaminen kiinnostaa kasvinviljelytilaa

Heikki Lehtonen ja Pellervo Kässi

5.1 Viljelykiertojen taloudellinen mallinnus

Viljelykierto on olennainen osa kasvinviljelyä ja koko maataloutta. Toteutunutta viljelyä Etelä-Suomen alueella on pidetty yksipuolisena kevätiljojen viljelynä, josta aiheutuu erilaisia ongelmia (Keskitalo ym. 2010). Monipuolisempaa viljelykiertoa on usein tarjottu keinoksi niin vesistökuormituksen kuin ilmastomuutoksen hillintään, kuin myös ilmastomuutokseen sopeutumiseen, joka tarkoittaa mm. kasvavan tautipaineen hillintää monipuolisemman kasvinvuorottelun kautta. Viljelykiertoista lähtevä tuotannonjärjestelyjen suunnittelu on myös johdonmukainen tapa hahmotella tulevaisuuden kasvinviljelyä. Suomen olosuhteissa vaihtoehtoisten markkinakelpoisten kasvien vähäinen määrä, korkeat viljelykustannukset ja viljelyyn liittyvät tuotanto- ja markkinariskit rajoittavat viljelykiertovaihtoehtoja. Viljat ja nimenomaan kevätiljat ovat siksi pitkään hallinneet kasvitilojen pellonkäyttöä. Etelä-Suomen alueella monin paikoin voimakkaasti vähentynyt lypsylehmien ja muiden nautojen määrä viimeisen 20 vuoden aikana on johtanut myös nurmien osuuden vähenemiseen pellonkäytössä. Etenkin alueilla, joilla on enää vähän nautoja, nurmirehun vähäinen kysyntä rajoittaa myös vilja-nurmi-viljelykiertoja, jolloin ajaututaan helposti yksipuoliseen viljanviljelyyn. Nurmi on kuitenkin satovarmempi kasvi siemensatoisiin kasveihin kuten viljaan ja öljykasveihin verrattuna ja sopiva välikasvi viljalle. Ongelmana on kuitenkin nurmisadon vähäinen tarve.

Maatilatason keskeinen kysymys biokaasuksi käytettävän nurmen viljelyssä on nurmea sisältävän viljelykierron vaikutus viljelyn kannattavuuteen. Kohdealueilla (Uusimaa, Häme, Kaakkois-Suomi) nurmen tarve on entisestään vähentynyt karjatalouden vähentyessä, jolloin keskeinen kysymys on, voiko biokaasunurmi tulla kannattavaksi vaihtoehdoksi viljatilojen viljelykiertoon.

Monipuolisemman viljelykierron hyödyt erityisesti vilja-nurmi-kierroissa liittyvät pääasiassa maan rakenteen paranemiseen ja kasvitautipaineen vähenemiseen yksipuoliseen viljanviljelyyn verrattuna. Nämä hyödyt eivät kuitenkaan täysmittaisesti realisoidu lyhyellä tähtäimellä. Vilja-nurmi -kierron vaikutuksia maatalaliiketoimintaan voidaan tarkastella sekä lyhyellä (1–5 v.), keskipitkällä (5–15 v.) ja pitkällä (15–30v.) aikavälillä.

Pidemmän aikavälin kannattavuustarkastelussa käytetään seuraavassa dynaamista optimointia, jolloin voidaan arvioida viljelykiertopäätösten riippuvuutta erityisesti odotetuista viljan ja öljykasvien hinnoista sekä tautipaineesta jota voidaan vuoroviljelyn avulla välttää. Viljelypäätöksiin vaikuttavat myös tilakoko ja urakointipalvelujen käytön aste, sekä tautipaine yksipuolisen viljelykierron tapauksessa. Koska maatalan asetelma suhteessa viljelypäätöksiin ja erityisesti viljelykiertoon riippuu olennaisesti tilakoosta ja tuotanto-kustannuksista, tilamallien pohjalta luodaan eri tilatyypeille erilaisia katetuottolaskelmia (=markkinatuotot + tuet – muuttuvat kustannukset), joiden pohjalta vilja-nurmi -kierron vaikutuksia verrataan yksipuoliseen viljan viljelyyn. Muutostekijöitä ovat viljan lannoitustarve, viljan satotaso ja sen kasvinsuojelun kustannukset. Lisäksi vilja-nurmi-viljelykierto vähentää viljan puinti- ja kuivaustarvetta eli vähentää viljatilalan kustannuksia. Erilaisia simulointeja laskettiin kymmeniä (3 tilatyyppeä, 2 tautipainetasoa 5 viljan hinnan tasoa). Simuloinnit laskettiin kullekin yhdistelmälle 30 vuoden ajanjaksolle, olettaen että nurmenviljelymahdollisuus on olemassa. Tuloksia verrattiin tilanteeseen jossa ei nurmenviljelymahdollisuutta, jolloin päästiin tekemään johtopäätöksiä biokaasunurmen vaikutuksista pellonkäyttöön ja tilan taloudelliseen tulokseen.

Viljelijälle aiheutuvat työaika- ja konekustannussäästöt nurmenviljelystä on huomioitu peltolohkoittain. Tilalla oletetaan olevan 10 peltolohkoa joiden etäisyys tilakeskuksesta vaihtelee välillä 0–5 km. Keski-etäisyys tilakeskuksesta peltolohkolle oletetaan olevan noin 2,6 km mikä on lähellä Hiironen & Ettasen (2013) arvioimia keskietäisyyksiä Uudellamaalla (3,3 km), Kymenlaaksossa (3,0) ja Etelä-Karjalassa (2,5 km). Tavanomaisessa viljan viljelyssä peltolohkoilla työkyntejä kertyy 5–6 kpl vuodessa, johon verrat-

tuna ulkoistetusta biokaasunurmenviljelystä kertyy kustannussäästöjä viljelijälle. Näin siksi, että kun peltolohko on perustettu nurmeksi, nurmen lannoitus ja korjuu voidaan sen jälkeen ulkoistaa urakoitsijan tehtäväksi biokaasulaitoksen toimeksiannosta. Tällöin maatila välttää viljely- ja logistiikkakustannukset biokaasunurmi-sopimuksen alaisille peltolohkoille kokonaan.

Tarkasteltu toimintamalli:

- Viljelijä
 - hallitsee peltoja, mutta antaa biokaasulaitokselle käyttöoikeuden niihin
 - vastaa pellon hallinnasta muodostuneista kuluista ja nostaa tuet
 - Perustaa nurmen (suojaviljaan)
 - nurmea edeltävänä vuonna joudutaan viljan lannoitusta ja siemenmäärää alentamaan ja luopumaan tiettyjen kasvinsuojeluaineiden käytöstä
 - Lisäksi oljet tulee korjata tai silputa puinnin yhteydessä.
 - Neljää nurmivuotta kohti on siis lisäksi yksi huonommin kannattava viljavuosi
- Biokaasulaitos
 - Vastaa nurmen korjuusta ja pellon kasvukunnon ylläpidosta (= nurmen lannoittaminen)
 - vastaa siitä, että viljelijälle ei koidu tukisanktioita hyvän paikallisen viljelytavan tai korjuuvelvoitteen laiminlyönnistä

Huomionarvoista tässä toimintamallissa on, että maatilalla ei oleteta saavan korvausta biokaasunurmesta, jonka sadon lannoittaa ja korjaa biokaasulaitos tai sen valtuuttama urakoitsija. Tämä oletus jota käytetty tämän tutkimuksen viljelykiertosimulaatioissa, ei kuitenkaan sulje pois mahdollisuutta, että viljelijä saisi korvauksen korjatun nurmisadon perusteella. Toinen mahdollisuus kannustaa viljelijää olisi myös hehtaarikohtainen kiinteä palkkio nurmenkorjuusopimuksen allekirjoittamisesta. Lisäksi viljelijälle koituu viljelykiertoon ja kustannussäästöihin liittyviä hyötyjä. Seuraavassa esitetyissä viljelykiertosimulaatioissa on juuri arvioida näitä viljelykiertoon ja kustannussäästöihin liittyviä hyötyjä ja niiden riittävyttä perusteeksi siirtyä biokaasunurmen tuotantoon, ottamatta kantaa tarvittavan korvauksen suuruuteen biokaasunurmialalta. Joka tapauksessa on syytä korostaa sitä, että pelkkä maataloustukien saaminen nurmialalta ei riitä yksinään perusteeksi siirtyä biokaasunurmen tuotantoon, koska tuotannosta riippumattomat maataloustuet kuten CAP- ja LFA-tuet viljelijä saa joka tapauksessa myös kesannoidulta alalta. LFA-tuessa on kuitenkin ehto jonka mukaan sato tulla korjata vähintään puolelta tilan peltoalalta jotta viljelijä on oikeutettu täyteen LFA-tukeen.

Maatilatason lähtökohtana ja oletuksena on joka tapauksessa hyötyä maksimoiva viljelijä. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka mahdollisuus biokaasunurmen tuotantoon olisi olemassa, viljelijä toimii kuten aiemminkin, ellei uusi vaihtoehto ole kannattavampi tai tuota suurempaa hyötyä kuin entinen toimintatapa. Jotta nurmea alettaisiin tuottaa biokaasuksi, joko kannattavuuden tai tulon pitäisi olla suurempi kuin vallitsevassa tuotantosunnassa. Tämä voi toteutua parantuneiden tuottojen ja/tai säästyneiden kustannusten kautta. Samoin vapautuva työaika muihin tarkoituksiin, jota viljelykierto ei suoraan ota huomioon, voi olla hyödyksi viljelijälle.

Maataloustuet ovat likimain samat pellonkäytöstä riippumatta. Viljaan verrattuna ohjelmakauden 2008–2013 ympäristötuki on tehnyt mahdolliseksi perustuen (93 eur / ha kasvinviljelytilalle) lisäksi seuraavat nurmialalle sopivat toimenpiteet: Peltojen tehostettu talviaikainen kasvipeitteisyys (45 euroa), viljelyn monipuolistaminen (24 euroa), typpilannoituksen tarkentaminen peltokasveilla (23 euroa) ja ravinnetaseet (18 euroa). Nämä toimenpiteet ovat jossain määrin helpompia toteuttaa nurmialalla kuin viljan viljelyyn keskittyen. Viljan monokulttuuria harjoittavaan tilaan voi ympäristötuen kautta muodostua eroa useita kymmeniä euroja hehtaaria kohti. Koska nämä toimenpiteet ovat kuitenkin mahdollisia myös syysviljojen, öljykasvien tai muiden kasvien avulla, näiden lisätoimenpiteiden tuottoja ja kustannuksia ei kuitenkaan otettu dynaamisessa viljelykierto-optimoinnissa huomioon. Osalle kasvitiloista nämä edellä mainitut lisätoimenpiteet tai niiden kaltaiset toimet uudessa ns. ympäristökorvausjärjestelmässä voivat kuitenkin toimia lisähyötyinä vilja-nurmikiertoon siirtymisestä. Se puolestaan parantaa nurmen katetuottoa viljaan verrattuna.

Simuloinnissa mukana olleet tilatyypit:

- Yli 100 ha erikoistunut viljatila
 - Tehokas työnkäyttö ja koneistus
 - Viljatilojen keskikoko kannattavuuskirjanpitoaineistossa oli 57 ha v. 2012
- Noin 20 ha viljatila
 - Tehoton työnkäyttö ja koneistus
- Viljatila, joka ostaa työt urakointina
 - Vertailukohta edellisille–kustannustaso edellisten välissä

Tärkeää: Konepoistot ym. kiinteät kulut eivät mukana laskelmassa!

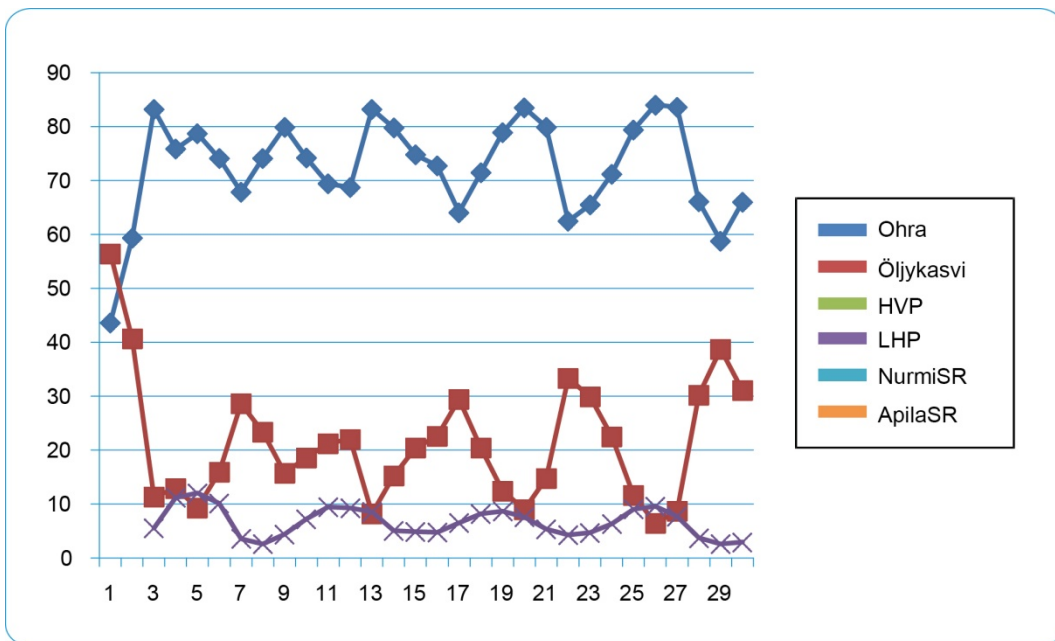
Viljelykiertoon tila pystyi valitsemaan joko ohran, rypsin, kesannon (jolle ei ympäristötukea), luonnonhoitopellon (jolle ympäristötuki 170 eur / ha mutta luonnonhoitopellon alan ylärajana 15 % tilan peltoalasta), biokaasunurmen tai apilapitoisen biokaasunurmen, jolla huomattavasti heinänurmea alhaisempi typpilannoitustaso mutta vastaavasti pienempi kuiva-ainesato hehtaaria kohti.

Dynaamiset viljelykiertosimuloinnit tehtiin alhaisen (viljasadon alenema 1 % vuodessa jos ei väli vuosia viljasta samalla peltolohkolla) ja korkean (viljasadon alenema 5 % vuodessa jos ei taukoja viljasta samalla peltolohkolla) seuraavilla 5 hintatasolla: ohran hinta 200 eur / tonni – rypsin 400 eur / tonni; ohra 180 eur / tonni – rypsin 360 eur / tonni; ohran hinta 160 eur / tonni – rypsin 320 eur / tonni; ohran hinta 140 eur / tonni – rypsin 280 eur / tonni; ohran hinta 120 eur / tonni – rypsin 240 eur / tonni. Öljykasvin sadon oletettiin alenevan odotetusta keskisadosta 30 % jos öljykasvia viljellään samalla lohkolla toinen vuosi peräkkäin, tai jos öljykasvia oli viljelty samalla lohkolla viimeisen 4 vuoden aikana. Näin ollen odotettu keskimääräinen sato saadaan öljykasvista jos samalla lohkolla ei ole viljelty öljykasvia viimeisen 5 vuoden aikana. Dynaamisen optimoinnin mallissa on siis tältä osin 5 vuoden muisti jokaisen peltolohkon osalta. Diskonttauskerroin = 2 %.

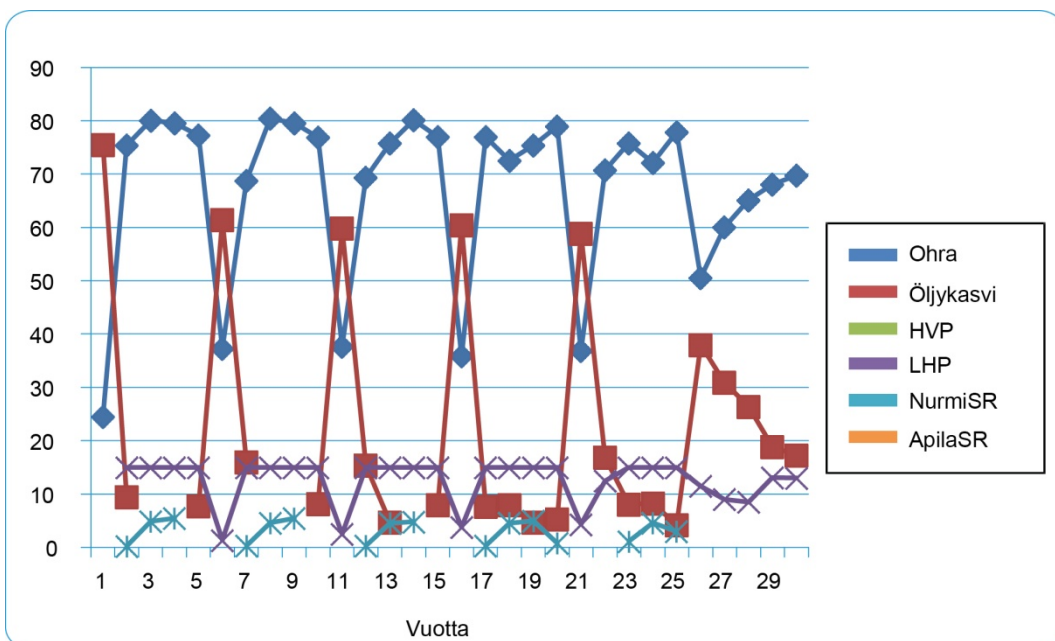
Kuvassa 34a on esitetty yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatilän pellonkäyttö 30 vuoden aikajakson yli kun alhainen tautipaine ja ohran hintaodotus on 180 eur / tonni, rypsin 360 eur / tonni. Kuvassa 34b on esitetty tilan pellonkäyttö korkean tautipaineen vallitessa samoin hintaodotuksin.

Kuvan 34 mukaisessa dynaamisessa optimoinnissa heinänurmi tai apilanurmi biokaasuksi eivät nousseet kannattavuudeltaan sille tasolle, että niitä olisi kannattanut ottaa mukaan viljelykiertoon. Lopputuloksena on pellonkäyttö jossa ohran osuus 65–85% peltoalasta. Öljykasvit kuitenkin rikkovat yksipuolisen ohran viljelyyn (ohran monokulttuurin), sekä lähimmillä että myös kauempana sijaitsevilla peltolohkoilla. Ensi sijassa öljykasveja kuitenkin viljellään lähimmillä peltolohkoilla, ja koska samalla lohkolla viljely aiheuttaa sadonmenetystä seuraavat 4 vuotta, se johtaa yhdessä logistiikkakustannusten minimoinnin kanssa syklisesti vaihtelevaa öljykasvialaan, josta on ohra-rypsi-vuoroviljelyn vuoksi seurauksena niinkään syklinen eli säännöllisesti vaihteleva ohran viljelyala. Sen sijaan luonnonhoitopelto jonka ala on vain 5–10 % peltoalasta, kannattaa sijoittaa kauimmaiselle peltolohkolle logistiikkakustannusten vähentämiseksi.

Jos samojen hintojen vallitessa toteutuu kuitenkin korkea tautipaine (aiemman viljelyhistorian ja/tai lämpenevän ilmaston aiheuttaman tautipaineen takia), luonnonhoitopellon osuus kasvaa 15 % rajaan asti tilan peltoalasta useimpina vuosina (Kuva 34b). Tässä korkean tautipaineen tapauksessa rypsin ala vaihtelee voimakkaasti, koska tautipainetta on tarvetta katkaista lähes jokaisella peltolohkolla, lukuun ottamatta kauimmaisista peltolohkoista jotka luonnonhoitopeltona. Pieneltä osin myös biokaasunurmi (alle 5 % peltoalasta) nousee tässä kannattavana vaihtoehtona viljelykiertoon mukaan kauimmaisilla peltolohkoilla.

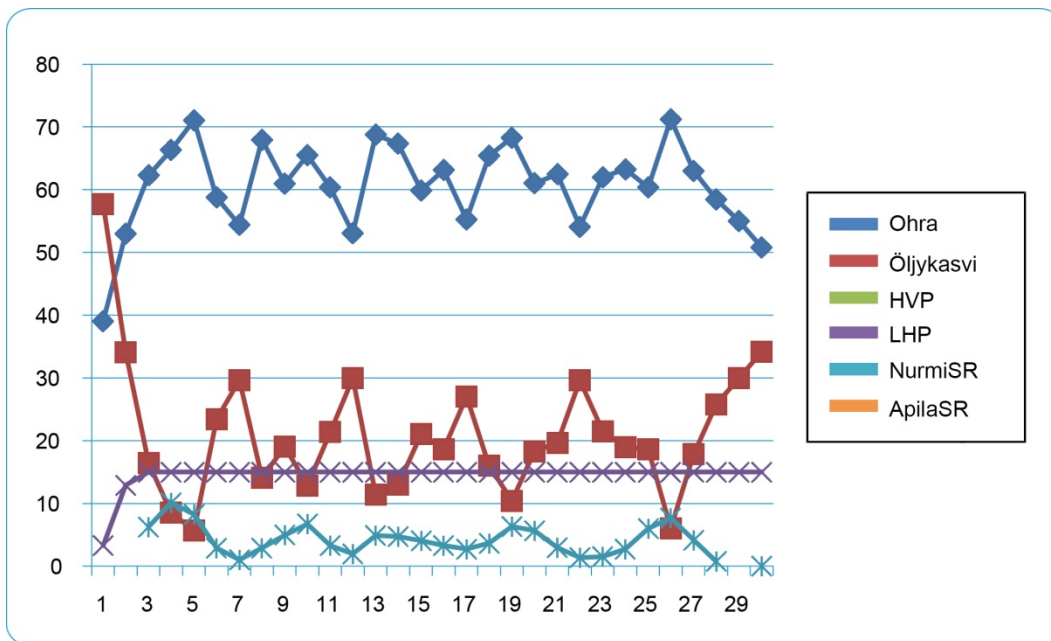


Kuva 34a. Yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatiljan pellonkäyttö (% tilan peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 180 eur / tonni, rypsin 360 eur / tonni. HVP = hoidettu viljelemätön pelto, pellonkäyttömuoto, jolle saa vain CAP:n mukaisen tasatuen, ei LFA- eikä ympäristötukea, LHP = luonnonhoitopelto. Matala tautipaine (1 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia).

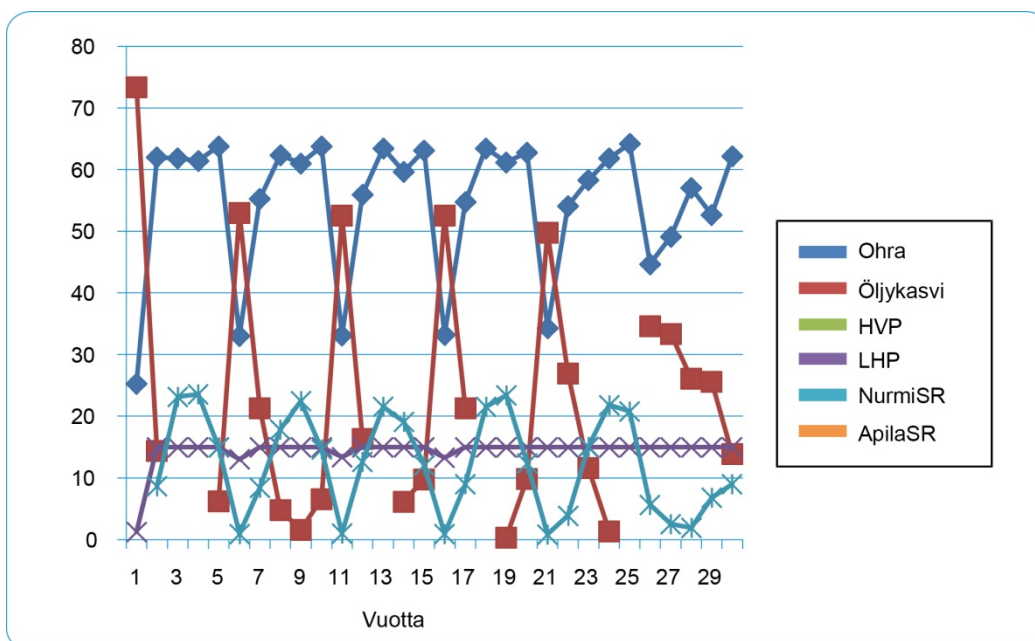


Kuva 34b. Yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatiljan pellonkäyttö (% tilan peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 180 eur / tonni, rypsin 360 eur / tonni. Korkea tautipaine (5 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia).

Jos hintaodotuksia alennetaan tasolle ohran hinta 160 eur / tonni – rypsin hinta 320 eur/ tonni, matalan ja korkean tautipaineen tapauksissa saadaan kuvien 35a ja 35b mukainen pellonkäyttö tällä suurella yli 100 ha tilalla jolla tehokas koneistus ja työnkäyttö hehtaaria kohden. Huomataan, että hintaodotusten alentaminen parantaa jonkin verran biokaasunurmen suhteellista kannattavuutta, jopa ilman sadosta saatavaa maksua tai kiinteää hehtaarikohtaista korvausta, etenkin korkean tautipaineen tapauksessa, jossa biokaasunurmen ala vaihtelee välillä 0–25 % tilan peltoalasta. Tämä johtuu saavutettavista kustannussäästöistä, kun luonnonhoitopellon lisäksi myös biokaasunurmi sijoitetaan etäisimmille peltolohkoille.

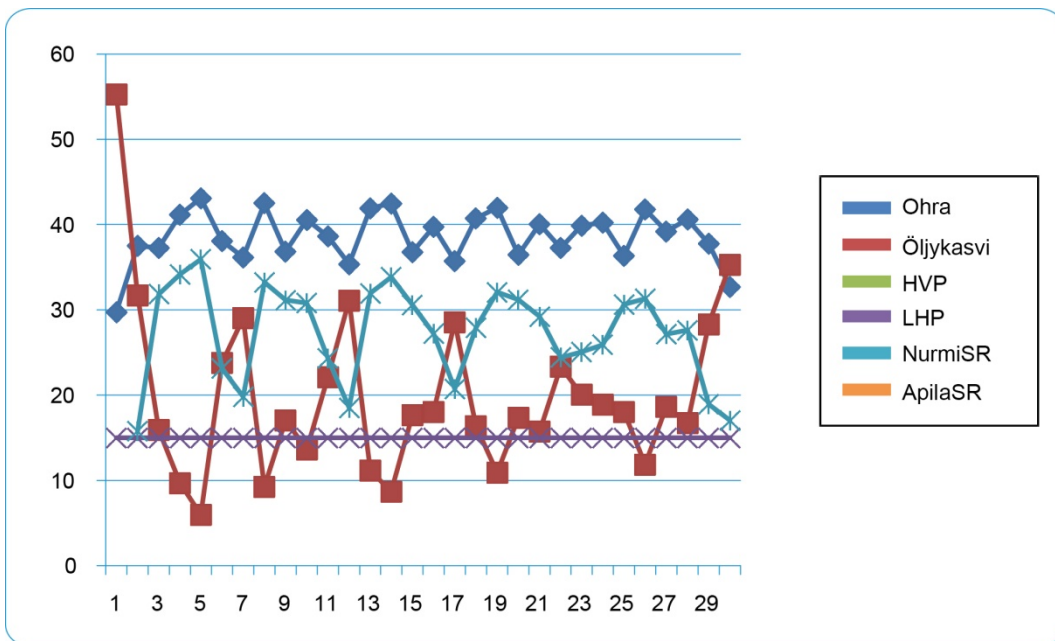


Kuva 35a. Yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatilan pellonkäyttö (% tilan peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 160 eur / tonni, rypsin 320 eur / tonni. Matala tautipaine (1 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia).

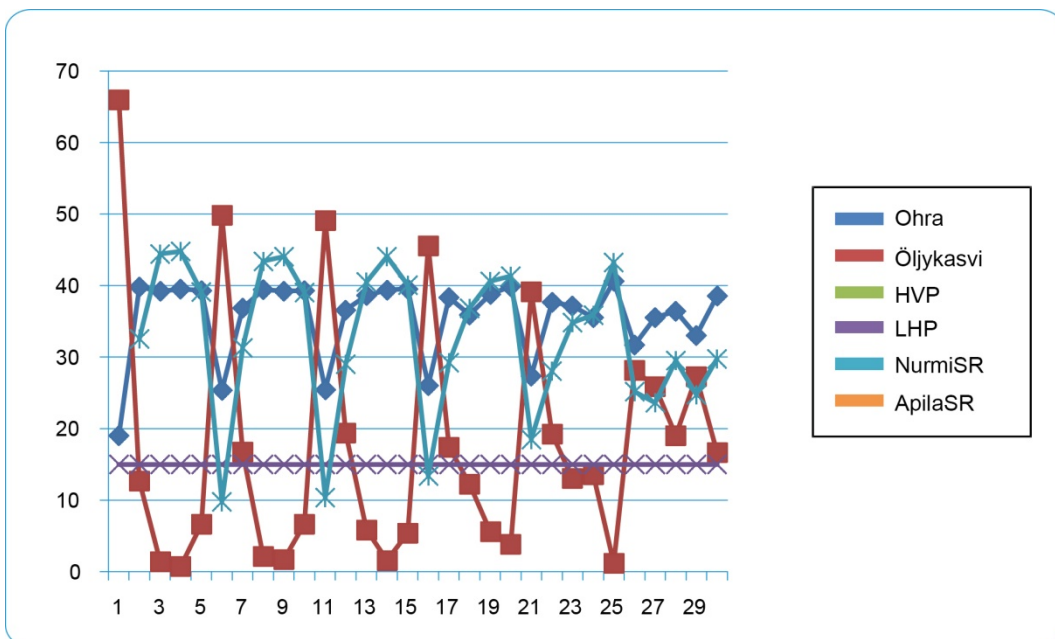


Kuva 35b. Yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatilan pellonkäyttö (% tilan peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 160 eur / tonni, rypsin 320 eur / tonni. Korkea tautipaine (5 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia).

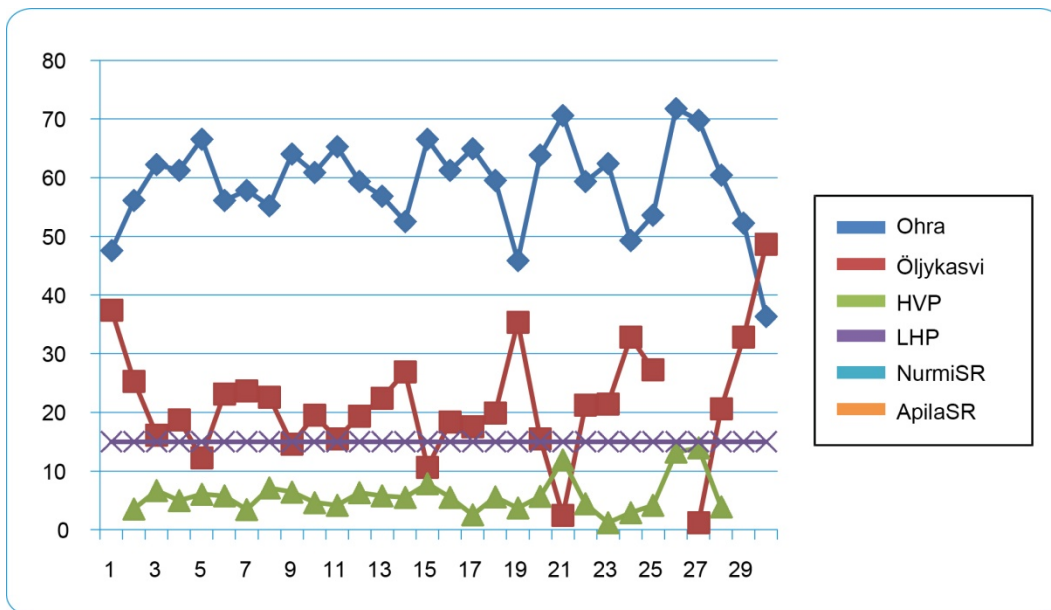
Jos hintaodotuksia edelleen alennetaan tällä suurella ja tehokkaalla yli 100 ha tilalla tasolle ohran hinta 140 eur / tonni – rypsin hinta 280 eur / tonni (kuva 36a), biokaasunurmen ala nousee jo alhaisen tautipaineen tapauksessa merkittäväksi, noin 20–35 %:iin peltoalasta. Ohraa viljellään tällöin enää 40 % peltoalasta. Korkean tautipaineen tapauksessa (Kuva 36b) biokaasunurmen alat ovat lähellä ohran viljelyaloja, ja nurmi korvaa suurelta osin rypsin ohran kanssa kasvinvuorotuksessa.



Kuva 36a. Yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatiljan pellonkäyttö (% tilan peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 140 eur / tonni, rypsin 280 eur / tonni. Matala tautipaine (1 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla lohkollla peräkkäisiä vuosia).



Kuva 36b. Yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatiljan pellonkäyttö (% tilan peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 140 eur / tonni, rypsin 280 eur / tonni. Korkea tautipaine (5 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla lohkollla peräkkäisiä vuosia).

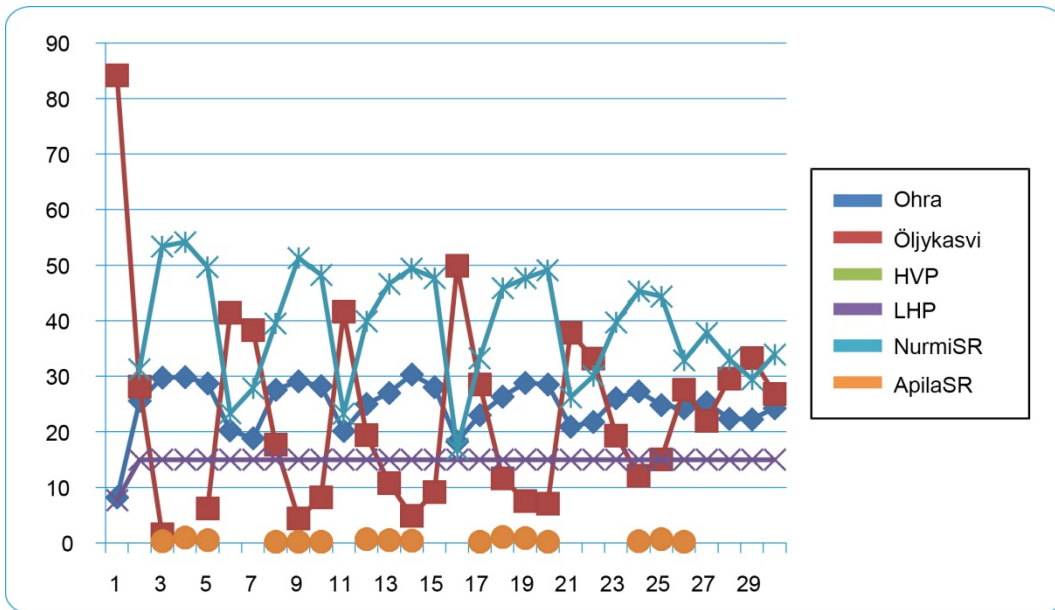


Kuva 36c. Yli 100 ha suuruisen erikoistuneen viljatilän pellonkäyttö (% tilän peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 140 eur / tonni, rypsin 280 eur / tonni. Korkea tautipaine (5 % sadonmenetykset ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia). Ei biokaasunurmimahdollisuutta.

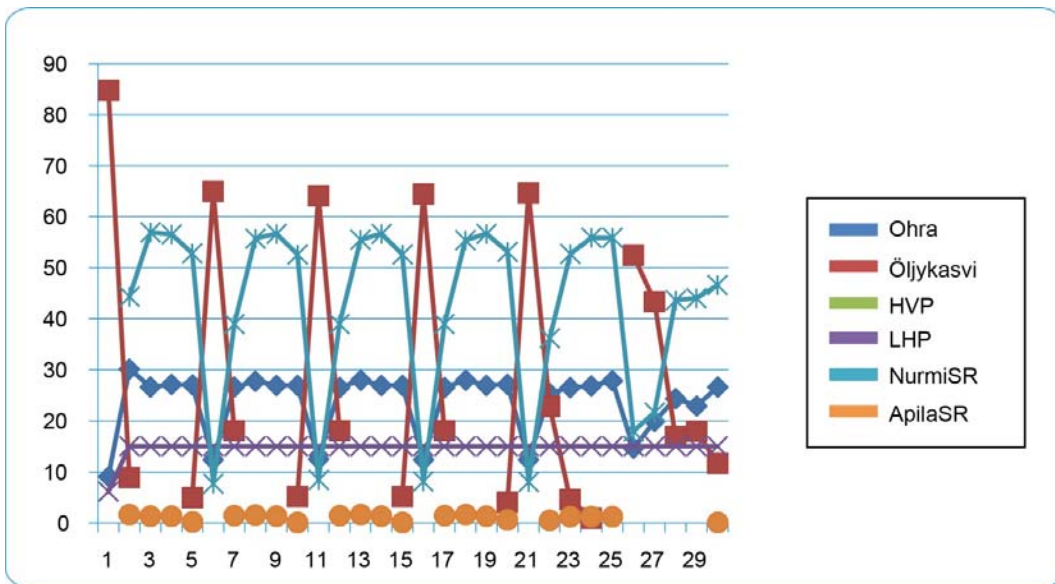
Jos kuvan 36b tilannetta verrataan tilanteeseen, jossa ei lainkaan mahdollisuutta biokaasunurmen viljelyyn (ja korkea tautipaine, Kuva 36c), huomataan, että ilman biokaasunurmea ohran ja öljykasvien alat olisivat selvästi korkeammalla tasolla. Tautipaineen katkaisuun peltolohkoilla otetaan silloin avuksi luonnonhoitopeltojen ohella myös vapaaehtoinen kesanto, joka ei saa ympäristötukea. Tästä, samoin kuin kuvista 35a/b, voidaan tehdä se johtopäätös, että biokaasunurmi ei kilpaile peltoalasta pelkästään ohran ja öljykasvien kanssa, vaan myös kesannon kanssa. Itse asiassa luonnonhoitopelto nousee jo korkeilla hintaodotuksilla viljelykiertoon mukaan, ja vahvemmin kuin biokaasunurmi. Mikäli erikseen (ympäristökorvausjärjestelmän kautta) tuettua kesantoa on tarjolla jatkossakin maataloilta, tuettu kesanto on kilpailija biokaasunurmelle siinä kuin ohra ja öljykasvit. Tämä tarkoittaa sitä, että viljelijät todennäköisesti kaipaavat perusteluja, miksi sitoutua mahdollisesti useiksi vuosiksi biokaasunurmen tuotantoon osalla peltolohkoja jos kuitenkin kesannoimalla (LHP tai viherkesanto) voi myös päästä osalliseksi kustannussäästöistä ja monipuolisemman viljelykierron hyödyistä. Toisin sanoen, on perusteltava, mikä on lisähyöty maatalolle biokaasunurmesta kesantoon verrattuna. Se voi olla toki myös korvaus korjatusta nurmisadosta tai kiinteää palkkio hehtaaria kohden, joita ei otettu huomioon edellä.

Päätuloksena kuitenkin on, että suuret ja erikoistuneet viljatilat, joilla on jo olemassa tehokas koneistus jolle vähän vaihtoehtoja käyttöä (usein mahdollisuus jopa suurempaan käyttöasteeseen), eivät todennäköisesti lähde biokaasunurmen tuotantoon kuin ehkä pienellä osalla peltoalaa (kauimmaiset peltolohkot).

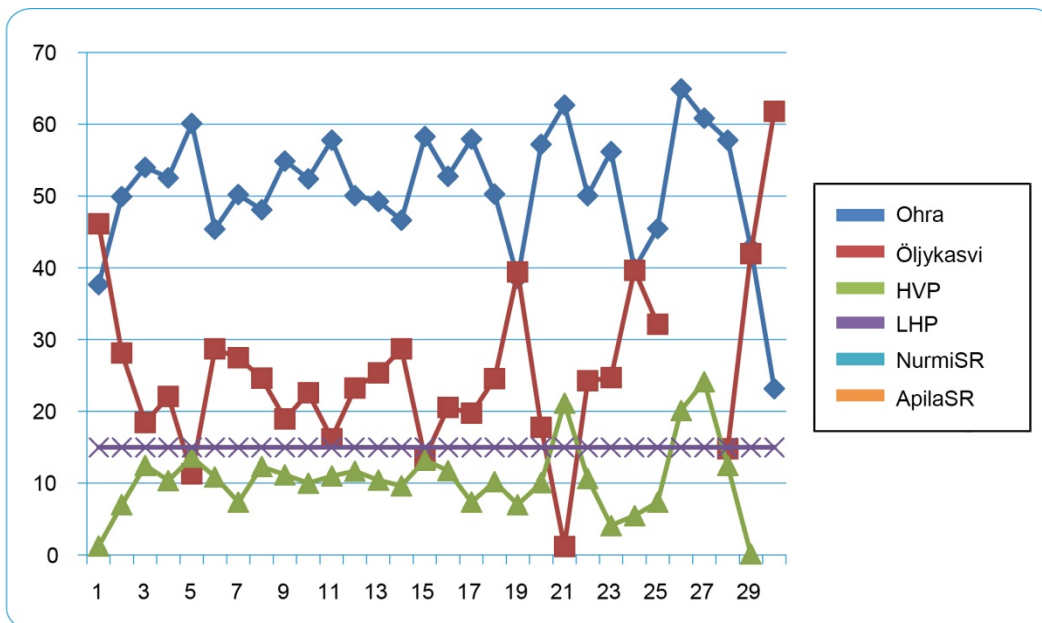
Vertailun vuoksi tarkastellaan biokaasunurmen suhteellista kannattavuutta vastaavanlaisen pellonkäyttötarkastelun avulla pienellä kasvitilalla. Kuvissa 37a, 37b ja 37c on esimerkki pienen tilan (20 ha) viljelykiertoon vuosittain valitsemien kasvien osuuksista, kun ohran hinta on 180 €/t ja rypsin 360 €/t ja matalan (kuva 37a) ja korkean (Kuva 37b) tautipaineen tapauksessa, ja ilman biokaasunurmen mahdollisuutta (Kuva 37c), kuten edellä.



Kuva 37a. Alle 20 ha suuruisen pienen viljatilän pellonkäyttö (% tilän peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 180 eur / tonni, rypsin 360 eur / tonni. Matala tautipaine (1 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia).



Kuva 37b. Alle 20 ha suuruisen pienen viljatilän pellonkäyttö (% tilän peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 180 eur / tonni, rypsin 360 eur / tonni. Korkea tautipaine (5 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia).



Kuva 37c. Alle 20 ha suuruisen pienen viljatiljan pellonkäyttö (% tilan peltoalasta, pystyakseli) 30 vuoden aikajakson yli (vaaka-akseli, vuosia) kun ohran hintaodotus on 180 eur / tonni, rypsin 360 eur / tonni. Korkea tautipaine (5 % sadonmenetys ohralle / vuosi jos ohraa viljellään samalla loholla peräkkäisiä vuosia), ei biokaasunurmimahdollisuutta.

Voidaan todeta, että pienten ja tuotantokustannuksiltaan korkeiden viljatiljojen kohdalla mahdollisuus biokaasunurmen tuotantoon voi jo kohtalaisen hyvillä hintaodotuksilla nousta vahvaksi kilpailijaksi ohralle, öljykasveille ja kesannolle joka ei saa ympäristötukea.

Tilatyyppi, joka tukeutuu pitkälle urakointipalvelujen ostoon viljan viljelyn työvaiheissa, suhtautuu hehtaarikohtaisten kustannusten ja myös saatujen pellonkäyttötulosten osalta edellä esitettyjen tilatyypin puoliväliin. Vaikka kustannus kasvinviljelyssä ei suuresti poikkeaisikaan pienen tilan korkeista kustannuksista, mahdollisuus välttää kustannukset lähes kokonaan biokaasunurmen viljelyssä tekee biokaasunurmesta varteenotettavan kilpailijan ohralle ja öljykasveille myös urakointipalvelujen varaan toimintansa perustavalla tilalla.

Yhteenvetona eri tilatyypin simuloitusta käyttäytymisestä pellonkäytön suhteen eri hintaodotuksilla on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Eri kasvien alojen osuus peltoalasta (%), keskiarvo ja vaihteluväli (suluissa), kun ohran hinta 180 ja rypsin 360 €/t.

	Suuri tila		Pieni tila		Urakointia käyttävä tila	
	Alhainen tautipaine	Korkea tautipaine	Alhainen tautipaine	Korkea tautipaine	Alhainen tautipaine	Korkea tautipaine
Ohra	73% (60-90)	65% (50-80)	25% (20-30)	24% (20-30)	40% (30-45)	36% (20-40)
Rypsi	20% (10-40)	20% (5-50)	20% (0-40)	20% (0-40)	20% (0-40)	20% (0-50)
Kesanto yht (ml. luonnonhoitopelto)	7	12	15	14	14	13
Bionurmi	0	3	39% (20-50)	42% (10-55)	26% (15-35)	31% (10-45)
Palkonurmi	0	0	1	1	0	0

Jos merkittävä osa tilan töistä on jo ennestään annettu urakoitsijan tehtäväksi, kesannoinnista tai biokaasunurmen viljelystä syntyy suoria ja välittömiä kustannushyötyjä myös keskiuurilla ja suurilla kasvinvil-

jelytiloilla. Näin on erityisesti jos viljelijällä on muita ansiomahdollisuuksia joista saa ehkä paremman tuoton kuin maataloudesta. Tällöin suuri ja tehokaskin viljatilalla voi olla kiinnostunut biokaasunurmen viljelystä jotta työhuippujen aikainen työmäärä pysyy kohtuullisena. Tehokkaankin tilan voi olla perusteltua vähentää vilja-alaa ja hyötyä nurmikierron hyödyistä. Jos tilalla on kuitenkin peltoja kaukana tilakeskuksesta, josta aiheutuu selvää kustannushaittaa, nurmea viljeltäisiin tällöin ensi sijassa kaukana tilakeskuksesta sijaitsevilla peltolohkoilla, ei välttämättä lohkoilla missä nurmikierron hyötyjä tarvittaisiin, joita voivat olla myös lähimmät peltolohkot. Jos nurmea viljellään kaukana sijaitsevalla tai huonotuottoisella peltolohkolla, todellinen viljelykierto ei tällöin toteudu koko tilan mittakaavassa. Näin voi käydä etenkin, jos viljelijä itse ei hyödy biokaasuksi korjattavan nurmen satomäärästä esim. tonnikohtaisten maksujen kautta, eikä hän suunnittele lohkoittaisia vilja-nurmi-kiertoja saavutettavissa olevan paremman satopotentiaalin näkökulmasta.

Keskeinen kysymys kaikkien tarkasteltujen tilatyyppeiden kohdalla on, miksi valita biokaasunurmi eikä esim. 1–2-vuotinen tai monivuotinen viherkesanto. Selkeä biokaasunurmea puoltava seikka voi tällöin olla se, että tietty peltolohko voidaan saada pitemmäksi ajaksi, jopa 3–5 vuodeksi, nurmelle, ja jolloin työtä ja kustannuksia aiheuttava sadonkorjuuvelvoite voidaan välttää ko. peltolohkon osalta. Jos lisäksi peltolohkolla on tiivistymisongelmia, kasvitautiongelmiä ym. useamman kuin yhden vuoden taukoa viljan viljelystä vaativia syitä, biokaasunurmi voi olla silloin järkevä vaihtoehto. Jos taas uhkana on maalajin tai pellon viljelyhistorian takia pellon tiivistyminen jatkossakin, biokaasunurmi ei välttämättä ole parasta hoitoa jo tiivistyneelle maalle. Näin ainakin jos nurmisato korjataan raskaalla kalustolla. Sopimus urakoitsijan kanssa voi kuitenkin pitää sisällään myös ehtoja siitä, miten sato tulee korjata märkinä kasvu-kausina jolloin korkeat akselipainot voivat nurmellakin johtaa maan tiivistymiseen.

Lopullinen valinta biokaasunurmen, yhtä lailla kuin muidenkin kasvien, tuotannosta riippuu voimakkaasti tilakohtaisista tekijöistä, eikä yleispätevää sääntöä tai suositusta voida sen vuoksi antaa edes yllä tarkasteltujen tilatyyppeiden tapauksessa. Pellonkäyttöpäätöksiin vaikuttavien tekijöiden ryhmittelyä ja arviointia on tehty tiivistetysti taulukossa 12.

Taulukko 12. Eräiden tekijöiden vaikutus biokaasuksi viljeltävän nurmen suhteelliseen kannattavuuteen erilaisilla kasvinviljelytiloilla. "+" = heikko myönteinen vaikutus, "++" = selvästi myönteinen vaikutus, "+++" = ratkaisevan tärkeä myönteinen vaikutus; "-" = heikko kielteinen vaikutus, "--" = selvästi kielteinen vaikutus, "---" = ratkaisevan tärkeä kielteinen vaikutus). Lähde: Bionurmi-hankkeen viljelijätyöpajojen tulokset ja dynaamiseen optimointiin perustuvat tilatason mallisimuloinnit, 2013–2014.

	Suuri tila (yli 100 ha)	Keskikokoinen, ura- kointipalveluja käyttävä tila	Pieni tila, noin 20 ha
Työaikaa paljon käytettävissä viljelyyn	--	--	---
Työajalle muitakin ansiomahdollisuuksia kuin maatalous	++	+++	+++
Kalusto jo ennestään vajaakäytössä	---	---	--
Kalusto ei riitä, nyt jo ostetaan urakointipalveluja	++	++	++
Maatalouden osuus tuloista pieni	++	++	+++
Maatalouden osuus tuloista suuri	--	--	---
Kasvitautiongelmiä	++	++	+
Pellolla tiivistymisongelmia	++	++	+

Jotta biokaasuksi viljeltävä nurmi olisi kiinnostava valinta kasvitiloille, nurmen kate saa olla korkeintaan runsaat 100 eur / ha alempi viljaan verrattuna – mahdollinen ympäristötuki / ympäristökorvaus huomioon otettuna joka parhaassa tapauksessa voi nousta jopa tasolle 100 eur / ha jos erilaiset kasvipeitteisyys- ym. kannustimet hyödynnetään. Huomionarvoista kuitenkin on, että vaikka maan rakenteeseen ja kasvitauteihin liittyvät asiat ovat viljelijälle tärkeitä varsinkin pitkällä aikavälillä, nurmi-vilja-kierroista on vaikea odottaa tätä kautta merkittävää taloudellista hyötyä. Koska viljasadon lisäys lisää aina myös kustannuksia (lannoitus, viljankuivaus, viljan käsittely), viljasadon lisäys ei kasvata tuloja samassa määrin kuin viljasa-

dosta saatava markkinatuotto nousee. Tällöin edellä esitetyissä dynaamisissa viljelykiertolaskelmissa saavutetut pienet satohyödyt (tautipaineen alenemisesta, maan rakenteen paranemisesta ym) eivät johda kuin 10–30 euron parannukseen hehtaariohanteissa katetuotossa, kun tarkastellaan katetuottoa yli 10 vuoden aikajaksolla keskimäärin. Kun otetaan huomioon saamatta jäävä viljasato nurmivuosina sekä yksi heikompi viljavuosi nurmea suojaviljaan perustettaessa, nettohyöty nurmi-viljakierroista yksipuoliseen viljanviljelyyn verrattuna jää korkeintaan 30 eur / ha korkeammaksi 10–20 vuoden aikajaksolla tarkasteltuna.

Satohyötyjä suurempi syy biokaasunurmen tuotannolle on todennäköisesti sen (yhdessä kesannon kanssa) tuomat joustavat mahdollisuudet kustannusten minimointiin. Perussyynä tähän on viljantuotannon korkeat kustannukset. Kun otetaan huomioon, että kasvintuotannon panosten hinnat ovat nousseet nopeasti 2000-luvulla osittain kumoten viljan hintojen nousun, ei ole yllätys että dynaamisessa optimoinnissa jo kohtalaisen vähäinen alennus viljan hinnassa (esim. ohran hinnan aleneminen 180 eur / ha => 160 eur / ha) johtaa edellä esitettyjen tulosten mukaan jo biokaasunurmen viljelyyn osalla peltoalasta suurillakin tiloilla. Lisäksi viljan hintojen kasvava vaihtelu on epäedullista viljelijälle. Biokaasuksi viljeltävä nurmi tarjoaa kesannon lailla varmaa ja tuet huomioon otettuna selkeästi positiivista, joskin viljaan verrattuna keskimäärin vähän matalampaa, katetuottoa, kun taas viljan ja esim. öljykasvien viljelyssä hyvien vuosien vastapainoksi tulee jatkossakin huonojen hintasuhteiden vuosia kuten esim. vuosi 2009 jolloin viljatilojen kannattavuus oli negatiivinen (Niemi & Ahlstedt 2014). Silloin viljan hinnat alenivat voimakkaasti vuosien 2007-2008 huipputasoilta samaan aikaan kun lannoitteiden ja muiden panosten hinnat alenivat viljan hintoja hitaammin. Tämän seurauksena viljan viljelyala väheni lähes 20 % vuonna 2010 alittaen miljoona hehtaaria ensi kerran sitten vuoden 1995. Samaan aikaan kesantoala nousi 307 000 hehtaariin ja öljykasvia la saavutti poikkeuksellisen korkean tasonsa (153 000 ha). Toteutunut kehitys näyttäisi puoltavan Bio-nurmi-hankkeen viljelijätyöpajoissa esille nousutta johtopäätöstä, että viljalle tarvittaisiin varmatuottoisia vaihtoehtoja, ja ne ovat kiinnostavia viljelijälle, vaikka tuotto olisikin viljantuotannon keskimääräistä tuottoa vähän alhaisempi, jos vastapainoksi voidaan osoittaa muita hyötyjä.

Koska biokaasuksi viljeltävä nurmi ei kilpaile pelkästään viljan kanssa, vaan myös kesannon kanssa peltoalasta, vain todella laajamittaisella nurmeen perustuvan biokaasun tuotannolla olisi olennaisia vaikutuksia viljan tuotantomäärään. Näin siksi, että huomattava osa biokaasuksi viljeltävästä nurmialasta olisi pois kesantoalasta, muusta vähätuottoisesta ja/tai tarkoituksella vähäsatoisesta nurmialasta (esim. kaikkea säilörehualaa ei lannoiteta ensimmäisen niiton jälkeen jos ensimmäinen sato on hyvä, vaan alaa pidetään tarvetta enemmän kuivuusriskin ja tukipolitiikan vuoksi joka suosii laajaperäistä nurmituotantoa). Läheskään kaikki biokaasunurmen ala ei siis vähentäisi viljan viljelyyn käytettävää peltoalaa. Viljatilojen kannattavuus kaikki tuotantopanokset huomioiden on ollut MTT:n kannattavuuskirjanpitotulosten (MTT 2014) mukaan viime vuosina (2010–2012) varsin alhainen (kannattavuuskerroin alle 0,4 välillä) kohtuullisista viljan hinnoista (rehuohran hinnat 112,6–187 eur / tonni 2010–2013) huolimatta. Tämä tukee edellä esitettyjen dynaamisten viljelykiertosimulaatioiden tulosten perusteella tehtävää johtopäätöstä: biokaasunurmen viljelyllä on vähäinen vaikutus maatilojen tulokseen siinäkin tapauksessa että huomattava osa huonosti kannattavasta vilja-alasta korvautuu biokaasuksi viljeltävän nurmen alalla. Jos nimittäin suhteellisen alhainen viljan katetuotto korvautuu niin ikään alhaisella biokaasunurmen katetuotolla, lopputuloksena on hyvin pieni maataloustulon muutos, kun myös kiinteät kustannukset otetaan huomioon. Tämä tarkoittaa sitä, että viljan viljelystä jäävä tuotto omalle työlle ja pääomalle (=maataloustulo) jää saamatta biokaasunurmipelloilta, joiden osalta syntyy toisaalta kustannussäästöjä. Varsinainen taloudellinen hyöty voikin syntyä maatalouden ulkopuolella viljelijöiden työajan vapautuessa muihin tehtäviin, sekä biokaasulaitoksissa ja energiataloudessa jos Suomeen tuotua energiaa korvataan kotimaassa ja kotimaisin panoksien tuotetulla bioenergialla.

Maataloustuotannon kannalta biokaasuksi viljeltävän nurmen taloudellinen merkitys on todennäköisesti varsin vähäinen. Myös vaikutukset viljantuotantoon ovat suhteellisen vähäiset, koska kohtalaisen suuri biokaasulaitos vaatii nurmialaksi vain 1000–2000 ha. Jotta viljan tuotanto olennaisesti vähenisi edes Bio-nurmi-hankkeen kohdealueilla, tulisi nurmea pääasiallisena syötteenä käyttäviä biokaasulaitoksia olla toiminnassa kymmeniä, tai niiden yhteenlasketun nurmenviljelyalan olla kymmeniä tuhansia hehtaareita. Erikoiskasvituotannolle, kuten mallasohran, sokerijuurikkaan tai öljykasvien tuotannolle tuskin on haittaa biokaasuksi viljeltävän nurmen kasvavasta tuotannosta, koska erikoiskasvien katetuotto on yleensä rehuviljaa korkeampi. Myös tehdyistä viljelykiertosimulaatioista ilmenee, että biokaasunurmi ei syrjäytä öljykasvien viljelyä, paitsi kaikkein alhaisimmilla odotetuilla hinnoilla.

5.2 Johtopäätöksiä viljelykiertovalinnoista

Viljelykiertomallinnuksen tulosten mukaan nurmi biokaasuksi tulee varteenotettavaksi vaihtoehdoksi muuttuvien kulujen perusteella arvioituna etenkin pienillä viljailoilla (noin 20 ha), heti kun viljan hinta alittaa 180 eur / tonni (vuoden 2013 kustannustasossa). Korkeat tuotantokustannukset johtavat helposti kustannusten minimointiin etenkin sellaisilla pienillä tiloilla joilla ei ole investoitu viljantuotantoon ja joilla maataloustuki on merkittävä osa maataloustulosta. Jos viljelijän tavoitteena ei ole saada keskimääräistä korkeampaa satoa viljalle ja muille viljelykasveille (kuten öljykasveille), tuotantovälineisiin ei ole myöskään paljoa panostettu. Tällöin tuotto-odotukset viljelystä ovat alhaiset ja osa pelloista voi olla jo ennestään kesannolla. Tässä tapauksessa biokaasunurmen viljely on yksi tapa huolehtia sadonkorjuuvelvoitteesta, jonka LFA -tukijärjestelmä asettaa edellyttäen sadon korjaamista vähintään 50 % peltoalasta. Biokaasunurmen avulla maatila voi ulkoistaa nurmen sadonkorjuuvelvoitteen ja hyötyä nurmen viljelykierto-ohjelmasta ilman huolta nurmisadon markkinoinnista, mikä puolestaan voi olla pulmallista esimerkiksi kuivaheinän tapauksessa ja myös (ulkopuolisen urakoitsijan korjaaman) säilörehun tapauksessa etenkin jos nurmirehun laatu on heikko. Biokaasunurmi on pienillä tiloilla ja muilla korkeiden tuotantokustannusten tiloilla vaihtoehto ja suora kilpailija viljan viljelylle ja kesannolle. Tosin luonnonhoitopelto, joka on saanut kesantona ympäristötukea 2009–2013, on todennäköisesti biokaasunurmea kannattavampi.

Keskisuurilla (yli 20 ha, alle 100 ha) ja suurilla tiloilla (yli 100 ha) on usein investoitu kone- ja kuivurikalustoon ja muihin tuotantovälineisiin, joilla viljelytyöt pystytään tekemään nopeasti tai ainakin kohtuujassa lyhyiden työhuippujen aikana. Koska kasvinviljely on usein sivutoimista, työn sujavuus on tärkeää ja apuna käytetään myös urakoitsijoita eri työvaiheissa. Usein kuitenkin esim. 50–100 ha peltotöiden hoitamiseen varatulla kalustolla pystyttäisiin tekemään suuremmankin peltoalan työt. Toisin sanoen keskisuurten ja suurten tilojen kalusto on usein vajaakäytössä, eikä biokaasunurmen viljely tai kesanto tuo silloin olennaisia kustannussäästöjä. Jos vielä tilalla on tarvetta maataloustulon ylläpitämiseen tai kasvatamiseen ja siihen on käytettävissä työvoimaa (työaika) joka riittäisi suuremmankin peltoalan viljelyyn, tällainen tila ei todennäköisesti lähde biokaasunurmen viljelyyn. Näin etenkin jos työajalle ei ole käyttöä muussa ansiotyössä. Biokaasunurmi kilpailee näillä tiloilla lähinnä kesannon kanssa peltoalasta, ellei biokaasuksi menevästä nurmisadosta makseta tonnihintaa tai hehtaarikohtaista korvausta.

Johtopäätöksenä voidaan kuitenkin todeta, että Suomessa ja erityisesti Bionurmi-hankkeen kohdealueilla merkittävä osa tiloista voi nähdä biokaasuksi tuotettavan nurmen kiinnostavana vaihtoehtona viljan viljelylle ja kesannoinnille. Eniten kiinnostuneita ovat todennäköisesti pienet ja pienellä pääomapanostuksella toimivat viljatilat joilla korkeat hehtaarikohtaiset kustannukset ja tarvetta kasvinvuorottelulle, ja joilla markkinatuottojen osuus maatalouden tuloista on ennestään pieni. Näiltä tiloilta voidaan kuitenkin odottaa kohtalaisen pieniä ja mahdollisesti hajallaan sijaitsevia aloja biokaasunurmen tuotantoon. Suuret tilat, joilla olisi todennäköisesti enemmän suuria peltolohkoja, eivät pääsääntöisesti ole kiinnostuneita biokaasunurmen tuotannosta. Jos kuitenkin niillä on tarvetta kasvinvuorottelulle ja lisäksi muuta käyttöä työvoimalle ja koneistukselle, ne voivat tarjota biokaasunurmen tuotantoon selvästi suurempia pinta-aloja kerralla, mikä voi tehdä niistä kiinnostavia kumppaneita nurmea hyödyntäville biokaasulaitoksille, etenkin jos peltolohkot ovat kohtuullisen matkan päässä ja yhtenäisenä kokonaisuutena.

Koska biokaasuksi viljeltävä nurmi ei kilpaile pelkästään viljan kanssa, vaan myös kesannon kanssa peltoalasta, vain todella laajamittaisella nurmeen perustuvan biokaasun tuotannolla olisi olennaisia vaikutuksia viljan tuotantomäärään Suomessa. Koska myös viljantuotannon kannattavuus on ollut viime vuosina melko heikko, viljaa alhaisemman katetuoton biokaasunurmen tuotannon kasvu ei johtaisi mainittavaan kasvuun maatalojen maataloustulossa vaikka kustannussäästöjä saataisiinkin. Tämä tarkoittaa sitä, että jos viljan markkinatuotot kuluivat suurelta osin muuttuviin tuotantokustannuksiin, vähäiset tai puuttuvat markkinatuotot biokaasunurmesta ja saavutetut kustannussäästöt yhdessä eivät juurikaan paranna tai huononna maatalojen taloutta. Viljelijöiden hyöty olisi todennäköisesti maatalouden ulkopuolella toteutuvaa hyötyä työn ja muiden (kalusto)resurssien vapautuessa muuhun, ehkä tuottoisampaan käyttöön. Mainittavia aluetaloudellisia vaikutuksia syntyisi laajamittaisessa nurmeen perustuvan biokaasun tuotannossa lähinnä siitä, että Suomeen tuotua energiaa korvataan kotimaisin panoksin tuotetulla bioenergialla.



Suojavilja on juuri puitu ja alla kasvava nurmikasvusto erottuu selvästi viljan sängen seassa. (Kuva Oiva Niemeläinen)

5.3 Lähteet

- Hiironen, T. & Ettanen, S. 2013. Peltoalueiden tilusrakenne ja sen parantamismahdollisuudet. Maanmittauslaitoksen julkaisu nro 113. 86 s. ISBN 978-951-48-0235-5 (painettu) ISBN 978-951-48-0236-2 (verkkajulkaisu) ISSN 1236-5084 (painettu) ISSN-L 1236-5084 ISSN 1799-2133 (verkkajulkaisu). <http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/Peltoalueiden%20tilusrakenne%20ja%20sen%20parantamis%20mahdollisuudet.pdf>
- Keskitalo, M., Hakala, K., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Jalli, M., Känkänen, H., Pahkala, K., Salo, T., Salo, Y. 2010a. Tulevaisuuden kasvintuotanto tarvitsee viljelykiertoa. Maaseudun Tiede 67, 1(15.3.2010): 6.
- Niemi, J. & Ahlstedt (toim.) 2014. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2014. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/julkaisut/suomenmaatalousjamaaseutuelinkeinot/jul115_SM2014.pdf

6 Viljelijätöyöpajojen ja paneelikeskustelun yhteenveto

Erika Winquist, Arja Seppälä, Heikki Lehtonen ja Pellervo Kässi

6.1 Työpaja Lappeenrannassa

Paikallinen energia kiinnosti ja innosti yleisöä Lappeenrannassa, kun Bionurmi-hankkeen tutkijoiden vetämässä tilaisuudessa pohdittiin millä edellytyksillä nurmesta voitaisiin tuottaa biokaasua kestävästi Kaakkois-Suomen, Hämeen ja Uudenmaan alueella. Tilaisuuteen osallistui 30 henkilöä, jotka edustivat alueen viljelijöitä, yrityksiä ja virkamiehiä. Heistä valtaosa olisi ollut valmis ottamaan biokaasulaitoksen ihan lähinaapurustoonsa.

Keskeinen viesti laitossijoittelun osalta päättäjille oli, että laitos tulee sijoittaa paikkaan, jossa lisääntyvä liikenne ei aiheuta merkittävää haittaa tai vaaraa lähiseudun asukkaille. Mahdollisten hajuhaittojen osalta useimmat katsoivat riittäväksi suojaetäisyydeksi 1 km omaan kotiin. Tekniikan toimivuuteen luotettiin, niin ettei hajuhaittojen odotettu olevan merkittäviä. Riittävä tiedottaminen ja paikallisen väestön kuuleminen nähtiin tärkeäksi hyväksyttävää laitossijaintipaikkaa valittaessa.

Keskustelussa tuli esille, että biokaasulaitos on usein liian iso investointi yhdelle maatilalle – tarvitaan yhteistoimintaa, esim. mautilojen yhteenliittymä. Toiminnan käynnistämiseen liittyy kuitenkin paljon haasteita, eikä niiden ratkaisussa ole helppoa löytää aina kaikkia tyydyttävää ratkaisua. Toiminnan käynnistymiseen kaivattiin osuuskuntatoiminnan alkuaikoina vallinnutta yhteisen edun tavoittelemisen henkeä. Toisaalta epäiltiin, että nyt ei ole riittävästi pakotetta tällaisen yhteistoiminnan syntymiseen – asiamme ovat kenties liiankin hyvin? Isojen energiayhtiöiden ylivallasta haluttiin eron – paikallista energiaa paikalliseen kulutukseen ilman välikäsiä.

6.1.1 Kenen pelloilla kasvaisi biokaasunurmea?

Yksi melkoinen haaste nurmea hyödyntävän biokaasulaitoksen käynnistymisessä on tuotannon mittakaava – laitoksen käyttämä nurmirehu pitäisi hankkia useiden kymmenien viljelijöiden pelloilta, koska tilat ovat pieniä. Ehtona biokaasunurmen tuotannossa tulisi olla, että pellot säilyvät vähintään entisessä viljelykunnossa. Viljelijällä tulisi voida olla mahdollisuus vaikuttaa paitsi korjuuaikoihin, myös siihen, mille pelloille kiinteä ja nestemäinen mädätysjäännös levitetään. Biokaasulaitoksen tulee sitoutua peltoviljelyn tukiehtoihin. Sopimustyyppejä biokaasulaitoksen ja nurmenviljelijän välille tarvitaan useita, jotta voidaan huomioida tilakohtaiset tilanteet. Todettiin, että biokaasulaitoksen ja sen käyttämien urakoitsijoiden tulee nauttia riittävästi luottamusta ja arvostusta ja ammattitaitoa alueen viljelijöiden keskuudessa, jotta olisi mahdollisuuksia päästä tekemään sopimuksia biokaasunurmen tuotannosta. Halukkaita biokaasunurmen tuottajia voi löytyä etupäässä sivutoimisista kiireisistä viljelijöistä, mutta todennäköisesti myös muista viljelijöistä.

6.1.2 Mitkä voisivat olla kannustimet?

Yksi tapa saada nurmirehuun perustuva biokaasuntuotanto kannattavaksi on vastaavan suuruinen tuotantotuki kuin mitä nyt maksetaan biokaasusta tuotetulle sähkölle. Tämä vastaisi biokaasusta puhdistetulla biometaanilla 40 €/MWh eli viljelypinta-alaa kohden 1000 €/ha, kun oletetaan että energian tuotto nurmesta on 25 MWh/ha. Hyvä tapa rahoittaa tuki olisi ”saastuttaja maksaa” -periaatteella, eli biometaanille menevä tukiraha kerättäisiin nostamalla bensiinin ja dieselin hintaa. Jos oletetaan, että biometaanin osuus polttoainekäytöstä olisi 20 % (vastaa 400 000 ha nurmea), vastaisi tämä bensiinin osalta 7 snt/l ja dieselin 8 snt/l hinnankorotusta.

Suoran tuotantotuen lisäksi ryhmäkeskusteluissa löydettiin myös muita helpotuksia biometaanin tuotantolle nurmesta, joista merkittävimpana investointikustannusten aleneminen. Investointikustannukset Suomessa ovat tällä hetkellä huomattavasti korkeampia kuin esim. Saksassa. Tämä johtuu siitä, että Saksassa biokaasulaitokset ovat yleistyneet riittävästi, jotta niiden rakentamisesta on tullut sarjatuotantoa.

Suomessa pystytettävät laitokset ovat tapauskohtaisesti räätälöityjä. Todettiin myös, että toistaiseksi Suomessa puuttuu vahva tietotaito nurmen käyttöön perustuvien laitosten perustamisesta, rakentamisesta, prosessin hallinnasta ja suunnittelusta kokonaistoimituksena.



Kuva 38. Työpajakeskustelua Lappeenrannassa. Kuva: Eeva Lehtonen, MTT.

6.2 Työpaja Nastolassa

Nastolan tilaisuuden työpajoissa keskusteli yhteensä 22 henkilöä, joista 7 henkilöä mainitsi taustakseen kasvinviljelytila, 5 kotieläintilallista ja 10 asui joko kerros-, omakoti- tai rivitalossa ilman omaa viljelytoimintaa. Keskusteluissa nousi esiin monipuolisesti näkökulmia, joita on esitetty puhekuplissa.

Miksi lähtisin biokaasunurmen tuotantoon? Viljelijäkommentteja

- Hyvä vaihtoehto hoidetulle viljelemättömälle pelloille, joka täytyy joka tapauksessa niittää. Viljelijältä säästyy niittokustannus.
- Riski: jos korjuuajankohtaan ei voi vaikuttaa, niin urakoitsija saattaa mennä korjaamaan nurmea liian märkänä ajankohtana, jolloin pelto tiivistyy.
- Kynnys nurmen sopimusviljelyyn lähtemiseen on pienempi, jos tila on tottunut käyttämään urakoitsijapalveluita.
- Jääkö yksityisteiden lisääntynyt kuormitus viljelijän kustannukseksi? Keskusteltiin vaihtoehdosta antaa yksityistie Valtion hoidettavaksi.
- Riittääkö käsittelyjännös typpilannoitteeksi? Kuka maksaa lisätyn?
- Miten pitkälti kannattaa ajaa nurmea biokaasulaitokseen?
- Voisiko kaislaa käyttää? Todennäköisesti ei, koska ongelmana on tehokkaan korjuukaluston puuttuminen. Kaislan korjuu saattaa myös lisätä vapaiden ravinteiden määrä vesistössä?

- Kannattaako se? Kuka maksaa?
- Energian hinnannousu: energiasta parempi hinta (+), lannoitteiden hinnannousu (+, käsittelyjäännöksen käytön suosiminen), kuljetuskustannusten nousu (-)
- Olisi hyvä, jos sähköverkkoa voisi käyttää "puskurina" ilman siirtomaksua: ylijäämä sähkö johdettaiiin verkkoon, mutta sieltä voisi myös ottaa sähköä silloin kun tilan kulutus sitä vaatisi.
- Helpotuksia piensähkön tuotantoon?
- Negatiivisia kokemuksia: biodieseliä ei voi valmistaa tilakohtaisesti omasta rypsisadosta ja myydä naapurille, biokaasulaitoksen yhteyteen ei voi yhdistää hakkeesta valmistettavaa puukaasua.
- Jos biokaasulaitoksen saa Suomen toimintaympäristössä kannattavaksi, on rakennettu konsepti hyvä vientituote!

- Mutta jos myyt toiselle, olet rikollinen, se kaatuu siihen.
- Loppupään tekniikka liian kallista, sen kehittämiseen pitäisi valtion pistää pienet pennosensa
- PAIKALLINEN LAITOS, vähän kuljetuskustannuksia. kaikki kylässä ajais biokaasulla! (Tulis paljon kateellisia ☺)
- laskelmat on kuin "Talvivaaran laskelmat"
- onko kummallekaan kannattavaa?
- "kuljetusralli" kaataa yhtälön
- isännät voisivat hoitaa kuljetuksen
- Olis järkevää auttaa toiminta käyntiin (siis yhteiskunnan olis järkevää)
- TUOTANTOTUKI otetaan valtion kassasta – verotusmahdollisuus 10 vuoden päästä
- Tässä maassa kaivataan pidempi katseisuutta – 10 vuoden päähän
- VAIHTOTASE!
- entäs lantavarastojen metaanipäästöt ilmakehään
- Suomessa ongelma, kun kaikki on niin keskitettyä
- Kasvihuone toimii biokaasulaitoksen yhteydessä
- isot monopolit eivät anna kylänsä omia
- ja Eu, sieltä tulee joku määräys....

Tässä on nyt unohdettu se kaikkein potentiaalisin korjuumenetelmä näille pehmeille pelloille, eli pyöröpaalaus. Pyöröpaalaus mahdollistaisi paremman maan rakenteet + olemassa olevan kaluston hyödyntämisen

- vapaita säilörehusiloja tuskin löytyy

- Toiminnasta pitäisi saada kaasua omiin koneisiin
- Lainsäädäntö yleensä suurin este kehitykselle
- Sopimus olis hyvä olla, ettei kaikki jää puheen asteelle (vs. ruokohelpi)
- Ruokohelpikokemuksista olis syytä viisastua
- tämä voisi olla hevostiloille sivuansio: hevoshieinä itselle ja kakkossato laitokseen

Biokaasulaitosten pitäisi olla viljelijöiden omia, ei älyttömän isoja

- jäis kate itselle
- kylässä, meidän kylällä

- Tuleeko biokaasunurmesta tuloja?
- helppous kiinnostaa viljelijää
- Turvemaat -> ajourat – kuka korjaa jäljet?



6.3 Loppuseminaarin paneelikeskustelu

Bionurmi-hankkeen loppuseminaarin paneelikeskustelussa nousi esiin monia teemoja:

6.3.1 Paikallisesti toimivat ratkaisut

Erkki Kalmari avasi paneelin kertomalla jo olemassa olevasta liikennebiokaasun valmistuksesta ja jake-
lusta. Jyväskylän seudulla on n. 200 biokaasulla kulkevaa autoa ja autojen määrä lisääntyy vuosittain n. 5
%:lla. Erkki Kalmari vastasi yleisökysymykseen: ”Onko EU komission tavoite 150 km välein sijaitsevista
kaasutankkausasemista realistinen?” Jyväskylän seudulla paikallisten autojen liikennebiokaasun tarpee-
seen pystytään jo nykyisellään vastaamaan. Vastaavalla tavalla pienet tankkausasemat olisivat muuallakin
Suomessa mahdollisia. Erkki Kalmari näki biokaasuliiketoiminnan lähtökohtana kokonaisvaltaisen kylä-
ajattelun, jossa biokaasulaitos on yhteinen ponnistus ja paikalliset viljelijät ovat osakkaina biokaasulai-
toksessa. Käytetään paikallisia urakointipalveluja ja saavutetaan paikallinen energiaomavaraisuus. Myös
Veli-Pekka Reskola peräänkuulutti vanhanajan osuuskuntahengen nostattamista. Hän piti tärkeänä myös
sitä, että biokaasun ympärille rakentuva liiketoiminta olisi kannattavaa koko arvoketjulle.

6.3.2 Liikennebiokaasun valmistuksen kannattavuuden parantaminen

Kimmo Tiilikainen näki biokaasulla olevan monia ympäristöhyötyjä ja pohti, voisiko näille hyödyille
laskea jonkin arvon? Hän myös totesi, että Valtion tukea tullaan varmasti jollain tavalla tarvitsemaan,
jotta liikennebiokaasun valmistus saataisiin laajamittaisemmaksi toiminnaksi. **Ilkka Herlin** ehdotti rat-
kaisua, jossa Valtio ostaisi biokaasulaitoksissa syntyvän typen ja fosforin ja tekisi siitä lannoitetta. Samal-
la saavutettaisiin ravinteiden hallittu kierto. **Erkki Kalmari** puolestaan näki mahdollisuuksia tekniikan
kehittämisessä ja sitä kautta erityyppisten raaka-aineiden monipuolisemmassa hyödyntämisessä. Me-
tenerillä on kehitteillä uusi korkean kiintoaineen reaktorityyppi, joka pystyy hyödyntämään myös hitaasti
sulavia kiinteitä lähtöaineita kuten heinäkasveja, kananlantaa ja hevosenlantaa. Tällainen reaktori lada-
taan vain kerran tai kaksi vuodessa, jolloin myös käyttökustannukset alenevat. Myös tekniikan kehittämi-
nen vaatii rahaa eli tähänkin tarvittaisiin tukea. Vaikka biokaasulaitostekniikkaa on jo maailmalla olemas-
sa, sitä ei voida suoraan soveltaa Suomessa. Esim. Saksan laitokset on suunniteltu käyttämään raaka-
aineena maissia.

6.3.3 Ympäristöhyödyt

Sekä nurmen viljelyllä että biokaasun valmistuksella ja käytöllä on useita ympäristöhyötyjä. **Markus
Eerola** nosti esiin nykyisen tilanteen, jossa Etelä-Suomessa karjatilojen määrä on vähentynyt, mikä puo-
lestaan on johtanut nurmen vajaahyödyntämiseen. Nurmea tarvittaisiin kuitenkin viljelykiertoon, jotta
saataisiin hiiltä sidottua peltoon. Maan korkea orgaanisen aineen (humuksen) määrä toimii puskurina
kuivuutta vastaan, parantaa kasvien ravinteiden saantia ja vähentää eroosiota. Jos nurmelle olisi käyttöä,
maanviljelijät olisivat myös halukkaita käyttämään enemmän viljelykiertoa. **Ilkka Herlin** ehdotti, että
erityisesti ne pellot, joista ravinnevalumia syntyy eniten, pitäisi laittaa nurmelle, jolloin ravinteet sitoutu-
isivat kasvustoon paremmin syväjuuristen nurmikasvien ja talven kasvupitteisyyden ansiosta. Palkokas-
vinurmilla voidaan lisäksi vähentää typpilannoituksen tarvetta. Biokaasulaitosten käsittelyjäännöksellä
taas voitaisiin korvata Venäjältä tulevaa tuontityppeä. **Erkki Kalmari** puolestaan vertasi biokaasulaitos-
ten käsittelyjäännöstä lantaan, jota nyt levitetään suoraan pelloille. Käsittelyjäännös on parempi lannoite,
koska siinä typpi on kasville käyttökelpoisessa muodossa. Käsittelemätön lanta vapauttaa typen kasvin
käyttöön vasta myöhemmin kasvukaudella, jolloin suurin ravinnetarve on jo ohi.

6.3.4 Käsittelyjäännöksen tuotteistaminen ja biojalostamokonsepti

Teija Paavola totesi, että biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen hyödyntäminen on avainasemassa lai-
toksen kannattavuuden osalta. Jo ennen kuin rakennetaan laitos, on mietittävä, että mihin ja miten käsitte-
lyjäännös hyödynnetään. Ravinteiden kierrossa pitää lähteä liikkeelle loppukäyttäjän tarpeista. Käsittely-
jäännöksen ravinteiden väkevöinti ja tuotteistaminen pienentää käsittelyjäännöksen lannoitekäytöstä ai-
heutuvia kuluja ja samalla mahdollistaa hallitun ravinnekierron, jolloin pääosin typpi- tai fosforipitoista

kierrätysravinnetta voidaan kohdistaa juuri näitä ravinteita tarvitseville pelloille. Nykyisellä tekniikalla käsittelyjäännöksen ravinteet saadaan konsentroitua kolmasosaan alkuperäisestä tilavuudesta. Kierrätysravinteiden levitys on siitä huolimatta aina ylimääräinen kustannus, koska väkilannoitteen voi lisätä peltoon kylvön yhteydessä. Teija Paavola kysyikin, että voisiko kierrätysravinteiden korkeamman levityskustannuksen rahoittaa siten, että kierrätysravinteiden käyttö näkyisi tuotettujen elintarvikkeiden hinnassa ”kierrätysravinnelisinä”, jolloin kuluttaja voisi omilla valinnoillaan tukea kierrätysravinteiden käyttöä? **Ilkka Herlinin** mielestä tämä voisi toimia. Häneltä on usein kysytty, että mitä tavallinen ihminen voi tehdä Itämeren hyväksi. Kaupat, keskusliikkeet ja elintarvikkeiden valmistajat ovat jo nyt kiinnostuneita tarjoamaan kuluttajille tuotteita, joiden ”ravinnejalanjälki” on kestäväällä pohjalla. **Kimmo Tiilikainen** muistutti panelisteja siitä, että Luomu-merkityt elintarvikkeet käyttävät jo nyt kierrätysravinteita. Nykyisellä hallituksella on 20 %:n luomutavoite vuoteen 2020 mennessä. **Veli-Pekka Reskola** lisäsi, että myös Maa- ja metsätalousministeriön Maaseudun kehittämissuunnitelmassa on erilaisia kierrätysteemoja. Kimmo Tiilikainen toi esiin myös biojalostamokonseptin. Paitsi biokaasulaitoksen käsittelyjäännöstä myös raaka-aineena käytettävää nurmea voisi hyödyntää nykyistä tehokkaammin. **Sari Luostarinen** jatkoi tästä aiheesta MTT:n edustajana ja kertoi, että MTT:lla on suunnitteilla Bionurmi-hankkeelle jatkohanke, jossa nurmesta otettaisiin talteen arvokomponentteja ennen biokaasuprosessia. Rehukäyttöön sopivilla fraktoioilla voitaisiin samalla parantaa proteiiniomavaraisuutta.

Paneelikeskustelun lopuksi **Ilkka Herlin** totesi, että tulevaisuudessa energian ja elintarvikkeiden hinnat tulevat nousemaan ja silloin biokaasuliiketoiminnalla voidaan myös säästää rahaa!

Toivottavasti myönteinen kehitys jatkuu, ja innovaatioista tällä alalla saadaan kaivattuja vientituotteita maahan.



Kuva 39. Paneelikeskusteluun osallistui alan vaikuttajia monista eri sidosryhmistä. Kuvassa vasemmalta: Veli-Pekka Reskola (Maa- ja metsätalousministeriö, Ylitarkastaja), Kimmo Tiilikainen (Keskustan kansanedustaja), Markus Eerola (MTK:n puheenjohtaja ja maanviljelijä), Ilkka Herlin (Elävä Itämeri –säätiö, Hallituksen puheenjohtaja), Teija Paavola (Biovakka Suomi Oy, Kehityspäällikkö) ja Erkki Kalmari (Metener Oy, Toimitusjohtaja).

7 Nurmibiokaasulaitoksen talous

Esa Aro-Heinilä ja Pellervo Kässi

7.1 Nurmenviljelyn ja käsittelyjäännöksen hyödyntämisen kustannukset

7.1.1 Peltojen hallinta ja kustannusten kohdistuminen

Nurmea raaka-aineenaan käyttävän biokaasulaitoksen toiminnan suunnittelun ja johtamisen näkökulmasta keskeisiä kysymyksiä ovat peltojen hallinta ja nurmenviljelyn kustannusten ja tuottojen allokointi biokaasulaitoksen ja peltoviljelyn välillä.

Biokaasulaitoksen nurmenhankinnan konsepti on rajattu tässä tarkastelussa seuraavalla tavalla:

Viljelijä

- hallitsee peltoja, mutta antaa biokaasulaitokselle käyttöoikeuden niihin nurmivuosina.
- vastaa pellon hallinnasta muodostuneista kuluista ja nostaa tuet.
- Perustaa nurmen (suojaviljaan)

Biokaasulaitos

- Vastaa nurmen korjuusta ja pellon kasvukunnon ylläpidosta (= nurmen lannoittaminen)
- vastaa siitä, että viljelijälle ei koidu tukisanktioita hyvän paikallisen viljelytavan tai korjuuvelvoitteen laiminlyönnistä nurmivuosina.

Biokaasulaitoksen näkökulmasta biomassan hankinnasta aiheutuvat seuraavat kustannukset:

- Biomassan korjuukustannus
- Mädätysjäännöksen kuljetus- ja levityskustannus
- Korvaus viljelijälle tuotetusta massasta (tämä on kuitenkin ollut biokaasulaitoksen taloustarkastelussa 0 €).

Biomassan korjuukustannus koostuu:

- Konetyöstä, joka riippuu osin korjuualasta, osin korjatusta massasta
- Logistiikkakustannuksesta
- Tarvikekustannuksista (säilöntämuovit ym.)

Mädätysjäännöksen arvo/kustannus muodostuu:

- Konetyöstä, joka riippuu levitettävästä määrästä sekä levitystavasta
- Logistiikkakustannuksesta
- Mädätysjäännöksen myyntiarvosta, joka riippuu liukoisten ravinteiden määrästä



7.1.2 Taustaoletukset nurmenviljelystä

Nurmen määrä, satotaso ja lohkokoko

Nurmen korjuu- ja mädätteen levityskustannus laskettiin olettaen että laitokselle toimitettaisiin 10 400 tn kuiva-ainetta säilörehua 30 % kuiva-ainepitoisuudella. Laitostarkastelujen perusteella (ks. kappale 6.2.) päädyttiin tähän kokoluokkaan. Nurmen satotasoksi oletettiin 5,5–7,5 t ka/ha, satotason vaihdellessa tällä välillä biomassan tuotantokustannus ei juurikaan muutu satotason vaihdellessa, kun peltoalasta ei makseta erillistä korvausta. Korjattavien lohkojen keskimääräiseksi pinta-alaksi oletettiin 2 hehtaaria ja etäisyysdeksi laitoksesta 5 kilometriä.

Käsittelyjäännös

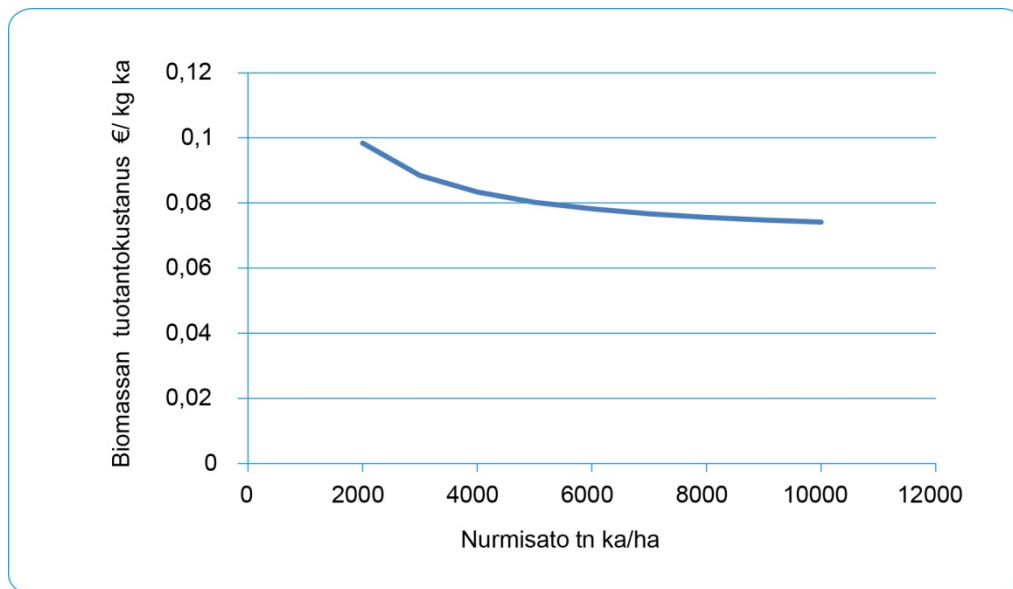
Prosessin yhteydessä syötteen kuiva-aineesta oletettiin hajoavan 50 %. Koska syötteen kuiva-ainepitoisuus on sellaisenaan liian korkea nestemäiseen prosessiin oletettiin jäännös separoitavan ja osa nestejakeesta kierrätettävän takaisin prosessiin. Separoinnissa muodostuu tuorepainoltaan 25 % kuiva-jaetta (kuiva-ainepitoisuudeltaan 33 %). 70 % separoitavasta kuiva-aineesta päättyy nestefraktioon. Neste-jae hyödynnetään nurmivuosien lannoituksessa ja kuivajae nurmen perustamisvaiheessa.

Nurmenviljelyn koneketjut, työkustannus

Koneketjun työmenekit määritettiin tehtyjen työntutkimusten ja kirjallisuuden perusteella. Kuljetuksen työmenekkiin käytettiin TTS:n standardiajoista hieman muokattua laskentatapaa. Koneiden muuttuvat kustannukset ja työn palkkavaatimukset määritettiin työmenekkien perusteella ja kiinteät kustannukset markkinahintojen perusteella määritettyjen poistojen ja ASAEN:n kunnossapitokustannusestimaattien perusteella. Konepääoman korkovaatimuksen laskennassa käytettiin 5 % korkokantaa

7.1.3 Biomassakustannukseen vaikuttavat tekijät

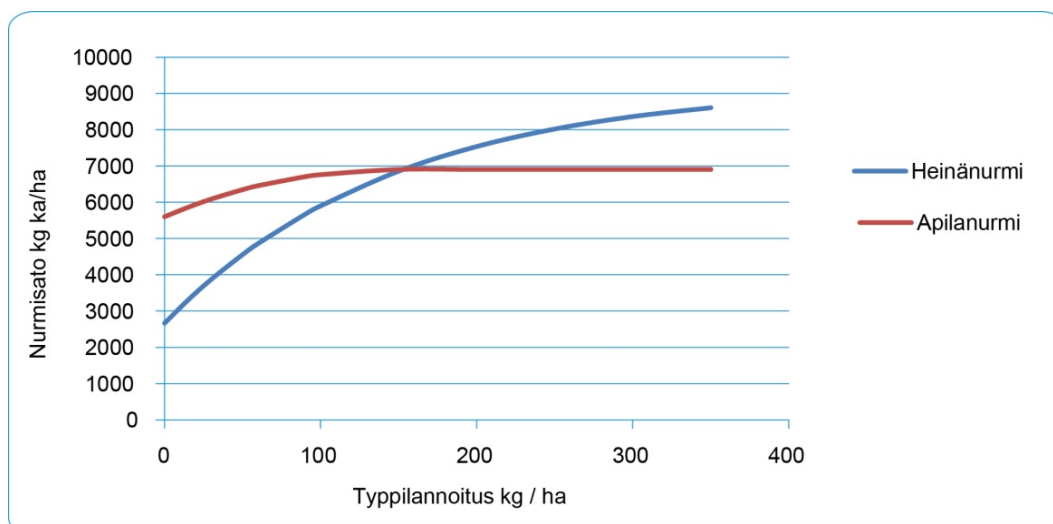
Hehtaarikohtaisen nurmisadon kasvaessa korjuukustannuksen ja mädätysjäännöksen levityksen kustannukset tuotettua kiloa kohden laskevat (Kuva 40). Tyypilannoituksen kustannuksen huomiointi muuttaa kuitenkin tulosta siten, että edullisimmillaan biomassa on, kun satotaso vaihtelee 5,5–7,5 t ka/ha.



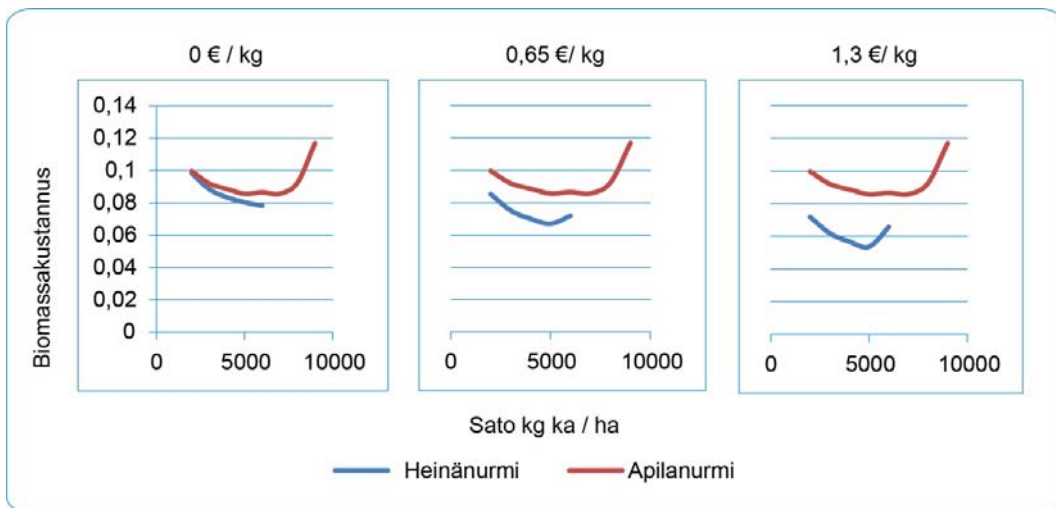
Kuva 40 Nurmihiomassa korjuun ja mädätysjäännöksen levitys ja kuljetuskustannuksen summa eri satotasoilla ajosilppuriketjulla.

Lähtökohtaisesti nurmen viljeleminen biokaasulaitoksen tarpeisiin on hyvin lähellä ajatusta suljetusta ravinnekierrosta. Kuitenkin ketjun eri vaiheissa vähintään osa typestä jää matkan varrelle, jolloin puhtaita heinänurmiä viljelemällä tyyppiä joudutaan lisäämään riittävän satotason varmistamiseksi. Laskelmissa on oletettu että 75 % pellolta korjatusta tyyppisadosta saadaan kierrätettyä takaisin liukoisena tyyppinä kasvien käyttöön.

Viljelemällä palkokasveja heinäurmiseoksen osana voidaan lisälannoituksen tarve välttää ja sen sijaan muuttaa nurmi-biokaasulaitos-kierto tyyppitehtaaksi. Apilanurmen ja pelkkiä heinäkasveja sisältävän nurmen vertailua varten nurmien oletettiin seuraavan kuvassa 41 esitettyjen muotojen mukaisia riippuvuuksia tyyppilannoitukselle. Tyyppien vastefunktio on Salon ym. (2013) mukaan ja apilanurmen vasteen määrittelyssä on käytetty Melan (2003) tietoja.



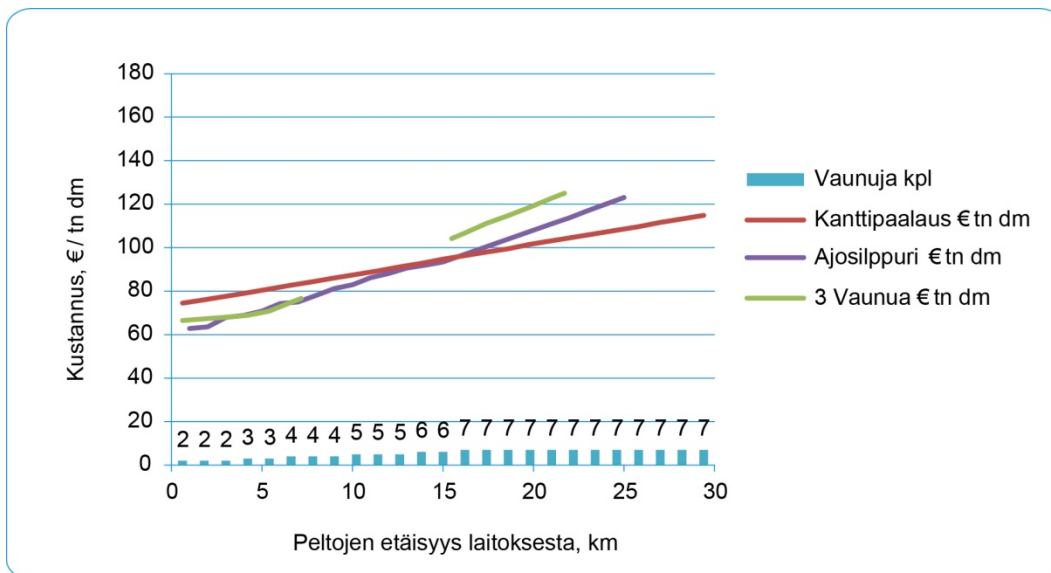
Kuva 41. Puhtaan heinänurmen ja apilanurmiseoksen satovasteet tyyppilannoitukselle. Kuvasta 40 voitiin nähdä biomassakustannuksen alenevan satotason kasvaessa. Tähän ovat syynä korjuun tehostuminen korkeammilla satotasoilla. Tyyppilannoituksen sisällyttäminen tähän tarkasteluun muuttaa kuitenkin tulosta.



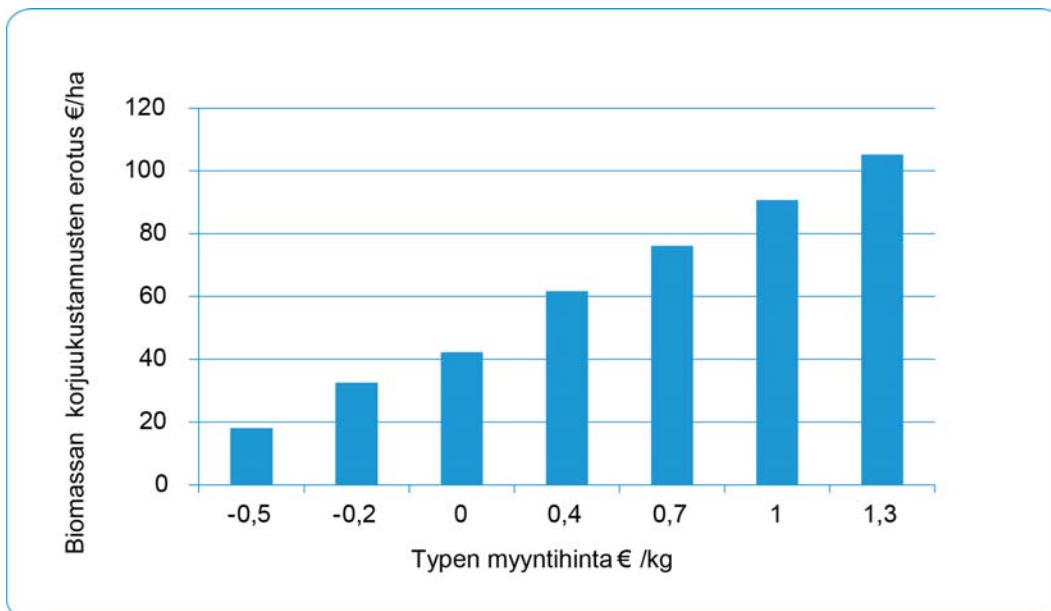
Kuva 42. Biomassan tuotantokustannus eri typen myyntihinnoilla.

Kuvassa 42 esitetään biomassan tuotantokustannus kolmella eri myytävän typen hinnalla. Tarkastelun kohteena oleva kustannus on kustannusmallilla määritetty kustannus apilanurmen ja heinänurmiseoksen tuotantoon. Myytävän typen hinta on siksi merkittävä, että biokaasulaitos voisi apilanurmen tapauksessa myydä apilan sitoman typen lähialueen muille tiloille, jolloin nurmivuosien lannoitus saatettaisiin hoitaa fosforilannoituksena nurmen perustamisvuonna. Typen hinta sisältää kuitenkin merkittävän riskin, sillä biokaasulaitoksen jäännös ei välttämättä ole suoraan verrannollista kemiallisiin lannoitteisiin verrattuna ja viljelijät eivät välttämättä ole valmiita maksamaan siitä yhtä paljoa kuin kemiallisista lannoitteista. Lisäksi jäännöksen levittämisestä saattaa aiheutua ylimääräisiä kustannuksia, mikäli jäännöstä ostavien tilojen pellot sijaitsevat kauempana laitoksesta kuin nurmen viljelyyn käytetyt pellot. Tarkasteltu kustannus sisältää jäännöksen levityskustannuksen takaisin samoille pelloille, joilta laitoksen syötämateriaali on korjattu.

Ajosilppurin ja kanttipaalaimen keskinäisessä vertailussa ajosilppuriketju osoittautui edullisemmaksi käytetyllä 5 kilometrin korjuuetäisyydellä. Korjuuetäisyyden pidentäminen supistaa eroa kanttipaalauksen hyväksi. Kanttipaalauksen etu pitkällä kuljetusetäisyyksillä syntyy kuljetuskaluston tehokkaasta hyödyntämisestä sekä suurista hyötykuormista, johtuen paalien korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta. Ajosilppurikorjuussa vaunujen ja niitä kuljettavien traktoreiden määrää joudutaan kasvattamaan etäisyyden kasvaessa, jotta ketjun muut osat tulisivat hyödynnetyiksi tehokkaasti. Kuljetuskapasiteetin kasvattaminenkaan ei kuitenkaan riitä turvaamaan silppuriketjun kustannusetua korjuuetäisyyden kasvaessa yli 16 kilometrin. Kuvassa 43 esitetään myös vaihtoehto, jossa kuljetuskapasiteetti pidetään kolmessa vaunu-traktoriyhdistelmässä etäisyydestä riippumatta. Tällöin jo 10 kilometrin etäisyydellä kanttipaalauksen muodostuu silppuriketjua edullisemmaksi, nopeasti kasvavat kustannukset suurilla etäisyyksillä johtuvat alhaisen kuljetuskapasiteetin aiheuttamasta odotteluajasta korjuuketjun muilla osilla.



Kuva 43. Kantipaaluksen ja ajosilppuriketjun biomassakustannukset eri korjuuetäisyyksillä.



Kuva 44. Biomassan korjuukustannusten erotus apila- ja heinäurmilla typen myyntihinnan vaihdeltaessa.

Kuvassa 44 esitetään suuntaa-antava vertailu siitä, paljonko biokaasulaitos hyötyisi apilanurmen viljelystä heinäurmiseokseen verrattuna. Apilaseosnurmen keskimäärin 16 % alhaisempi metaanintuottopotentiaali on sisällytetty tarkasteluun vähentämällä erotusta 16 %:lla (lähteenä tämän hankkeen metaanintuottopotentiaali mittausten tulokset). Vertailussa keskenään ovat edullisin apilanurmi- ja heinäurmivaihtoehto kullakin typen myyntihinnalla. Kuvasta 44 voidaan nähdä että apilanurmen viljelyn hyöty biokaasulaitokselle olisi 40–100 € luokkaa hehtaaria kohden.

7.1.4 Yhteenveto korjuukustannuksesta

Nurmen korjuukustannus biokaasulaitokseen riippuu mm. kuljetusetäisyydestä ja lohkokooosta. Laskelmissa käytetyillä tehokkailla koneketjuilla biomassan korjuukustannukseksi, joka sisältää myös mädätteen levityksen peltoon, muodostui edullisimmillaan 8 snt / kilo kuiva-ainetta, viljeltäessä heinänurmea tai apila-seosnurmea. Vertailtaessa saatua arvoa muihin nurmirehun tuotantokustannuslaskelmiin on huomattava, että hintaan ei sisälly varastoista aiheutuvaa pääomakustannusta, joka on huomioitu laitoksen kustannuksissa. Muutoinkin arvoon eivät sisälly pellon kustannukset, jotka tässä tarkastelussa jäävät viljelijälle.

7.2 Laskentaperusteet biokaasulaitoksen taloustarkastelussa

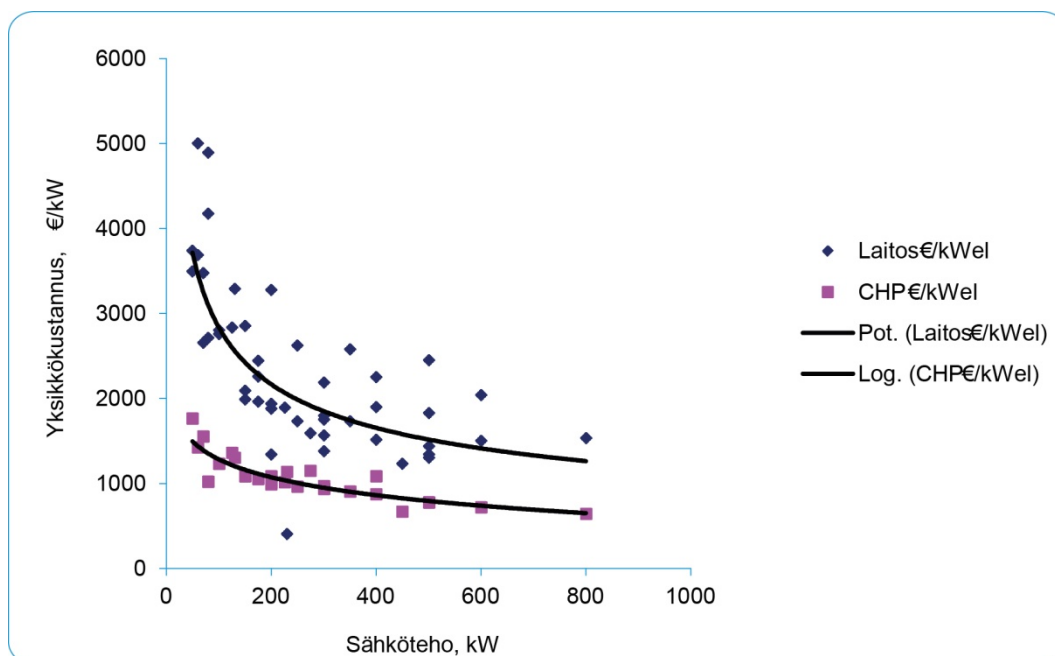
Mädätyksen ja kaasun jalostuksen investointikustannukset on laskettu tasapoistoina 5 prosentin vuosikoroilla. Käytetty korkokanta on muutaman prosenttiyksikön korkeampi kuin nykyiset rahoitusmarkkinoilta saatavien lainojen korot. Kustannuksia määriteltäessä nykyistä korkeampi korkokanta on kuitenkin rahoitusmarkkinoiden epävakauden ja investoinnin pitkäkhön poistoajan takia perusteltua.

Energiateollisuuden investoinnit ovat pitkävaikutteisia ja poistoaikoina käytetään jopa 30 vuotta. Biokaasuala elää etenkin ajoneuvopuolella vahvaa kehityskautta, mikä tarkoittaa että nykyisten investointien käyttökelpoisuutta muutamien vuosikymmenien päästä on vaikea arvioida. Siksi poistoajaksi on valittu lyhyempi, 15 vuotta.

Laitteiden ja rakenteiden jäännösarvon määrittely on hankalaa. Investointitukia saa nykyisellään vain uusinvestoinneille, jolloin laitteiden kierrätysarvo ainakin kotimaan markkinoilla on vähäinen. Oletuksena on että laitteiden jäännösarvolla voidaan kompensoida rakenteiden purkukustannukset, jolloin näiden jäännösarvona voidaan käyttää nollaa.

Yleistettävien normi-investointi ja -käyttökustannusten määrittely energiantuotantoon keskittyvien laitosten osalta Suomen oloissa on haastavaa. Ala on Suomessa vasta orastamassa, mikä tarkoittaa että jokainen laitos on yksilö, eikä sarjatuotannon etuihin ole vielä päästy. Nykyiset laitokset on rakennettu tarjoamaan lähinnä jätteenkäsittelypalveluita, joissa viipymääjat ovat lyhyitä ja biokaasuenergian muodostaa vain murto-osan laitosten tulovirrasta. Peltobiomassojen käsittelyn varaan rakentuvia biokaasulaitoksia Suomessa ei toistaiseksi ole.

Parhaan referenssin laitosten investointi ja käyttökustannuksista antaa näin ollen saksalaisen KTBL:n¹ tarjoama mallitietokanta, jossa on kerätty tietoja yli 3500 energian tuotantoon keskittyvästä laitoksesta, joista on koostettu 47 eri mittakaavaa ja teknistä konseptia kuvaava mallisto. Yleisesti teollisten investointien kustannustason erot Suomen ja Saksan välillä eivät ole merkittäviä. Eroja biokaasurakentamisen osalta muodostuu lähinnä sääsuojauksista ja eristarpeesta Kunhan biokaasurakentaminen Suomessa pääsee lapsenkengistä, ero Suomen ja Saksan kustannustason välillä ei ole merkittävä.



Kuva 45. KTBL:n mallitietokannan mukainen biokaasulaitosten ja CHP-yksiköiden yksikkökustannus laitosten sähkötehoa kohden, €/kW_{el}.

¹ KTBL—Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. Saksan maatalousministeriön tukema maatalouden teknologianeuvontaan keskittyvän järjestö.

Kuvasta 45 voidaan havaita että biokaasulaitoksen ja CHP-yksikön investoinnin yksikkökustannukset laskevat mittakaavan kasvaessa. Sama pätee myös biometaanin jalostuksen osalle. Tämä tarkoittaa sitä että suuremman yksikön investointikustannukset ovat tuotettuun tehoyksikköön nähden alhaisemmat kuin pienemmällä laitoksilla. Vaikutus kuitenkin tasaantuu laitospäätä ylöspäin skaalattaessa noin 2- 3 MW_{th} kokonaistehon kohdalla. (Rasi ym. 2012.)

Investointikustannuksiin liittyvää dataa on kerätty useista lähteistä. Osa on laitevalmistajien tarjousten perusteella ja osa taas on peräisin olemassa olevista laitoksista. Biokaasutuotannon osalta investointikustannukset perustuvat pääosin KTBL:n mallista (KTBL – Biogasrechner 2011) johdettuihin tietoihin. Kaasun jalostus biometaaniksi perustuu Urban ym (2008) tutkimukseen. Investointikustannusten taso sopeutettiin vastaamaan nykytasoa kustannusindeksien perusteella.

Käyttökustannuksien osalta merkittävin kulu/tuloerä on biokaasuprosessin raaka-aineet. Niiden hintatasosta, eli tässä nurmen kustannuksesta, riippuu pitkälti toiminnan kannattavuus. Muut käyttökustannukset (palkka-, sähkö-, lämpö-, polttoaine-, ylläpito- ja huoltokustannukset) on haarukoitu W-FUEL -hankkeessa (Rasi ym. 2012.) tehdyn mallinnustyön ja kotimaassa toimivista laitoksista saadun datan perusteella. Kiinteän biomassan siirtelyn kustannukset laitosalueella arvioitiin maatalouden työnormeja käyttäen.

7.3 Nurmibiokaasun tuotantokustannus

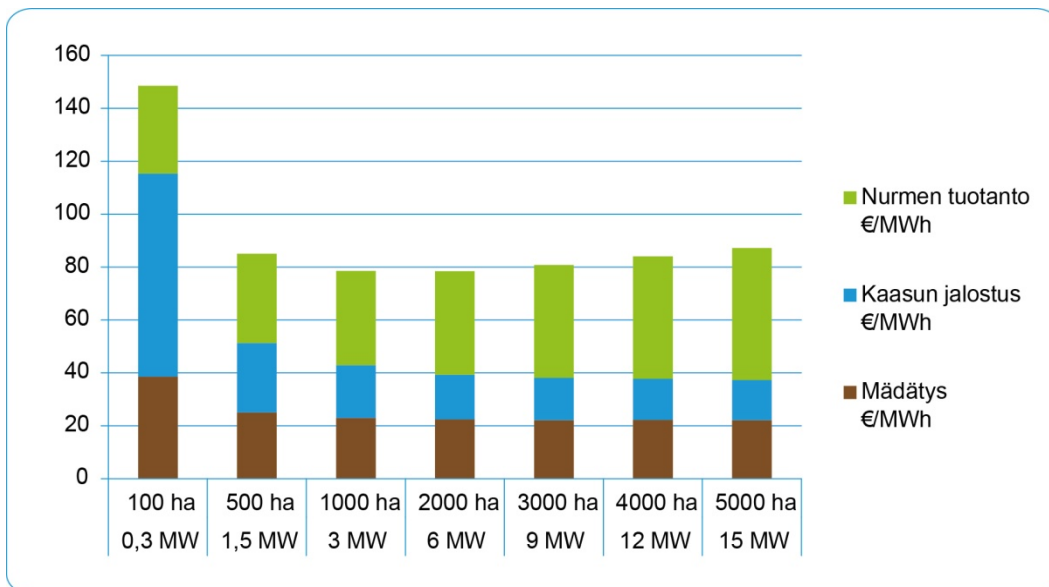
Kysymys on, millä hinnalla² biometaanin tuotanto nurmivaltaisesta biomassasta on taloudellisesti mahdollista. Kysymyksenasettelussa keskeiseksi nousee tuotannon mittakaava. Tarkasteluun otettiin selkeästi eri mittakaavaa olevia laitoksia, maatilatason 100 hehtaarin nurmipinta-alasta 5000 nurmihehtaarin teolliseen mittakaavaan. Mittakaavojen hahmottamisen helpottamista varten, yhden hehtaarin voi laskea ruokivan noin 1,5 henkilöautoa.

Taulukossa 13 ja vastaavasti kuvassa 46 on esitetty biometaanin tuotantokustannukset (€/MWh_{th}) eri mittakaavaa olevilla laitoksilla. Kuvasta on nähtävissä että edullisinta tuotanto on käytetyn karkeahkon jaottelun perusteella 3–6 MW tehoisilla laitoksilla (1000–2000 ha). Tätä pienemmällä laitoksilla mädätyksen ja kaasun jalostuksen pääomakustannukset nostavat merkittävästi tuotantokustannusta. Pienillä laitoksilla investoinnin yksikkökustannukset ovat huomattavan korkeat, kun taas nurmen ja paluurahtina siirrettävän mädätteen kuljetuskustannukset ovat pienemmän nurmen keruualan ja mädätteen levitysalan takia vastaavasti pienempiä. Yli 9 MW:n (3000 ha nurmiala) laitoksilla investoinnin yksikkökustannukset eivät enää merkittävästi laske, mutta nurmen ja mädätteen kuljetuksen kustannukset vastaavasti kasvavat nurmen viljelyalan ja mädätteen levitysalan kasvaessa.

Taulukko 13. Biometaanin tuotantokustannus €/MWh_{th}.

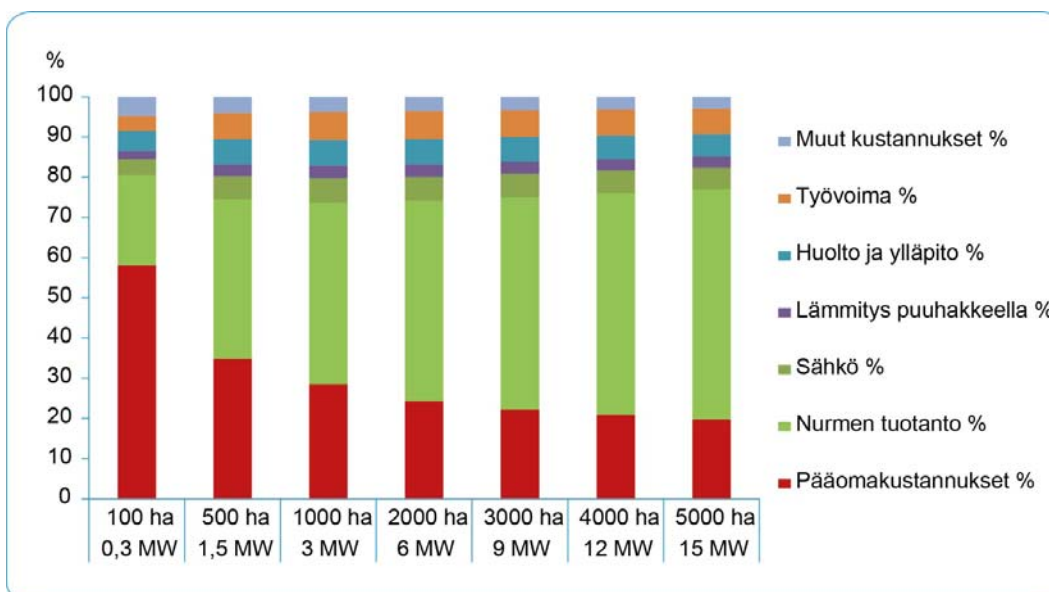
Laitosteho	MW _{th}	0,3	1,5	3,0	6	9	12	15
Nurmiala	ha	100	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
Biometaanin tuotantokustannus								
Nurmen tuotanto	€/MWh _{th}	33	34	36	39	43	46	50
Mädätys	€/MWh _{th}	39	25	23	22	22	22	22
Kaasun jalostus	€/MWh _{th}	77	26	20	17	16	16	15
Yhteensä	€/MWh _{th}	148	85	78	78	81	84	87
Tuettu tuotantokustannus								
a) Investointituki - 30%	€/MWh _{th}	124	77	72	73	76	79	82
b) Tuotantotuki - 50 €/MWh	€/MWh _{th}	98	35	28	28	31	34	37

² Kaikki kustannukset on esitetty arvonlisäverottomina



Kuva 46. Biometaanin tuotantokustannus €/MWh eri laitoskokoluokissa.

Kuvasta 47 käy ilmi että yli 70 prosenttia kustannuksista aiheutuu kahdesta tekijästä, investoinneista aiheutuvista pääomakustannuksista ja nurmen tuotannon aiheuttamista kuluista³. Maatilatason tuotannossa lähes 60 prosenttia kustannuksista aiheutuu pääomakuluista, kun taas yli 1000 hehtaarin nurmialoja hyödyntävillä laitoksilla kustannuksia hallitsee nurmen tuotannosta aiheutuneet kustannukset.



Kuva 47. Tuotannon kustannusjakauma eri mittakaavaa olevilla laitoksilla.

Taulukossa 14 on esitetty laskennassa käytetyt investointikustannukset kunkin laitoksen osalta. Investointikustannuksista johdetut pääomakustannukset on laskettu 5 prosentin annuiteettipoistoilla 15 vuoden poistoajalla ilman investointitukea. Merkillepantavaa on että ominaisinvestointi laskee merkittävästi siirryttäessä yli 1000 hehtaarin nurmialaa hyödyntäviin laitoksiin

³ Nurmen tuotannon kuluihin on laskettu nurmen viljelystä, korjuusta, kuljetuksista sekä mädätteen kuljetuksista ja levityksistä aiheutuneet kulut. Nurmen lannoitus on oletettu tapahtuvan pääosin mädätteestä saatavilla ravinteilla.

Taulukko 14. Laitosten investointikustannukset ilman investointitukea.

Laitosteho	MW _{th}	0,3	1,5	3,0	6	9	12	15
Nurmiala	ha	100	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
Raaka-aine								
Kuljetusetäisyys ka.	km	1	2	3	6	9	12	15
Säilörehunurmi (70%)	t _{tp} /a	2 200	11 000	22 000	44 000	66 000	88 000	110 000
Lietelanta (30%)	t _{tp} /a	660	3 300	6 600	13 200	19 800	26 400	33 000
Yhteensä	t _{tp} /a	2 860	14 300	28 600	57 200	85 800	114 400	143 000
Investointi								
Biokaasulaitos	M€	0,6	1,6	2,7	5,2	7,6	10,2	12,7
Kaasun jalostus	M€	1,5	2,0	2,5	3,7	4,9	6,1	7,3
Yhteensä	M€	2,1	3,6	5,3	8,9	12,5	16,4	20,0
Ominaisinvestointi								
Biokaasulaitos	€/kW _{th}	2 160	1 080	920	870	860	860	850
Kaasun jalostus	€/kW _{th}	5 020	1 310	860	630	550	520	490
Yhteensä	€/kW _{th}	7 180	2 390	1 780	1 500	1 410	1 380	1 340

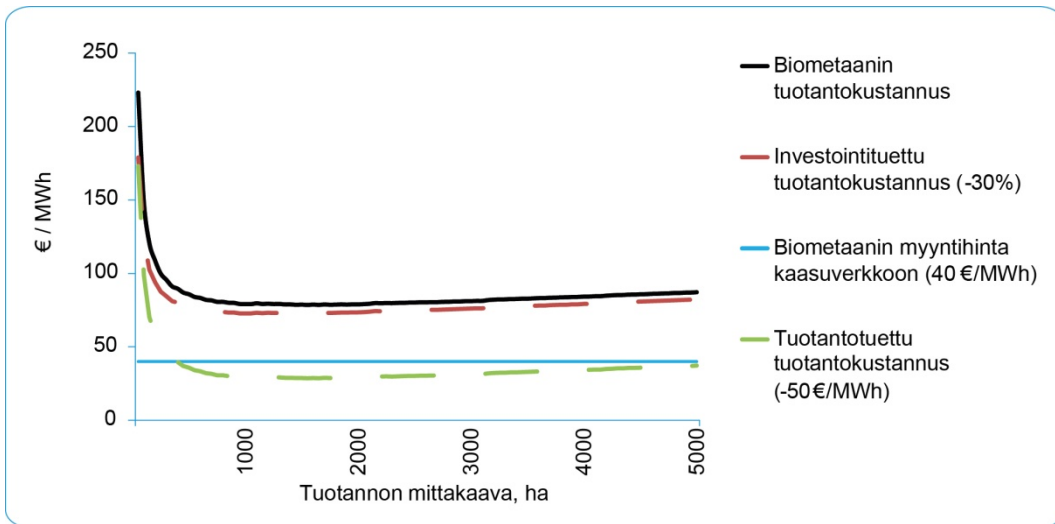
7.4 Kannattavan tuotannon edellytykset

Selvää on etteä biometaanin tuotanto nurmesta ei ole taloudellisesti mahdollista ilman merkittäviä tukia. Toistaiseksi ainut käytössä oleva tuki-instrumentti on investointituki.

Investointituki on toimiva kannustin jätteiden ja lietteiden käsittelyyn erikoistuneille laitoksille, kun taas nurmimassoja käsittelevän laitoksen kannattavuutta investointituki ei paranna merkittävästi. Tämä johtuu kahdesta tekijästä:

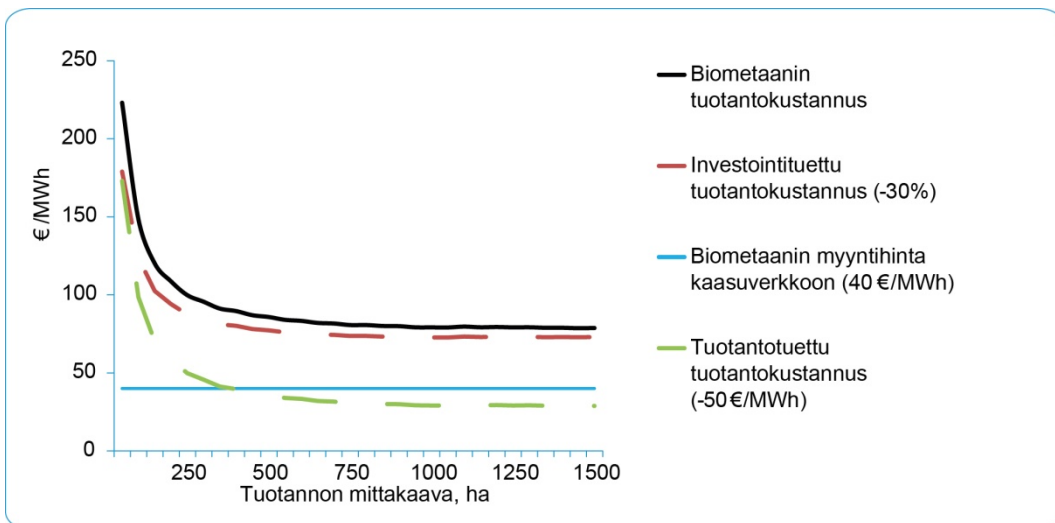
- 1) Jätepohjaisten laitosten investointikustannukset ovat karkeasti kaksinkertaiset nurmipohjaisiin laitoksiin verrattuna. Merkittävin osa kustannuksista jätteiden käsittelyyn erikoistuneilla laitoksilla muodostuu investoinneista.
- 2) Jätteen käsittelyssä bisnes pyörii jätteenkäsittelymaksuilla, kun taas nurmipohjaisessa biometaanin tuotannossa kassavirta muodostuu pelkästään energian myynnistä, jonka tuottamiseen vaadittu biomassa maksaa. Tuotantokustannuksista nurmen osuus on laitoksen koosta riippuen 20–60 prosenttia.

Asian havainnollistamiseksi kuvassa 48 on esitetty biometaanin tuotantokustannus nurmesta ilman tukea ja tuotantokustannus 30 prosentin investointituella. Kuvaan 48 on merkitty myös biometaanin oletettu myyntihinta (50 €/MWh) maakaasuverkkoon. Biometaanin tuotantokustannus nurmesta on noin kaksinkertainen biometaanin maakaasuverkosta saatavaan myyntihintaan nähden. Merkille pantavaa on että jo itsessään nurmen tuotannosta aiheutuneet kustannukset kannattavimmassa mittakaavassa 3–6 MW ovat 36–39 €/MWh (Taulukko 13), mikä lähes vastaa oletettua biometaanin myyntihintaa maakaasuverkkoon.



Kuva 48. Biometaanin tukematon ja tuettu tuotantokustannus sekä myyntihinta maakaasuverkkoon, tuotannon mittakaava 1000–5000 ha.

Vastaava kuva (49) voidaan esittää myös tarkemmin lähempänä biometaanin tuotannon alkuvaiheen realistista mittakaavaa oleville laitoksille, jolloin mittakaavaan liittyvät kipupisteet näkyvät selvemmin.



Kuva 49 Biometaanin tukematon ja tuettu tuotantokustannus sekä myyntihinta maakaasuverkkoon, tuotannon mittakaava 50–1500 ha.

Investointituen vaihtoehto on suora tuotantotuki. Kysymys on, miten suuri tuotantotuen pitäisi olla, jotta nurmipohjaisen biometaanin tuotanto olisi taloudellisesti kannattavaa. Toinen tapa määritellä tukitasoa, on verrata sitä jo olemassa olevaan tukijärjestelmään, biokaasusta tuotetun sähkön takuuhintaan (ns. biokaasusähkön syöttötariffi). Taulukossa 15 on esitetty nykyisen biokaasusähkön tuotantotukitasoja lauhdesähkölle ja sähkön sekä lämmön yhteistuotannolle (CHP⁴).

Biokaasusähkön tuotantotuki perustuu järjestelmään jossa verkkoon syötetylle lauhdesähkölle maksetaan 83,5 €/MWh_{el} takuuhinta. Tästä kun vähennetään sähkön keskimääräinen tuottajahinta, saadaan tukiosuudeksi noin 40 €/MWh_{el} tuotettua sähkömäärää kohden. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa tukimäärä on korkeampi. Tukeen lisätään ns. lämpöpremio, jolloin takuuhinta tuotetulle sähkölle on 135 €/MWh_{el}. Ehtona on, että lämmönkäytön kokonaishyötysuhde on suurempi kuin 50 prosenttia ja yli 1 MW laitoksella yli 75 prosenttia.

⁴ CHP – Combined Heat and Power. Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto

Taulukossa 15 on biokaasusähkön jo olemassa olevien tukitasojen perusteella esitetty ”linjassa” oleva tukitaso (50 €/MWh_{th}) myös nurmipohjaiselle liikennebiometaanille. Tuotantotuki lauhdesähkölle on tätä matalampi ja sähkön ja lämmön yhteistuotannossa biometaanille esitettyä tukitasa vastaava.

Biokaasusähkön tukijärjestelmää rakennettaessa perusteltiin tarvetta sähkön ja lämmön yhteistuotannon (CHP) korkeammalle tuelle sillä, että biokaasuenergian käytön kokonaishyötysuhde on lauhdesähköä merkittävästi korkeampi. Lämpöpreemiolla luotiin kannustin biokaasuenergian tehokkaampaan käyttöön. Biometaanin osalta biokaasun käytön hyötysuhde on kaikkein korkein, joten lienee selvää että mielekäs verrokkitaso tuelle on sähkön ja lämmön yhteistuotannon (CHP) tukitaso

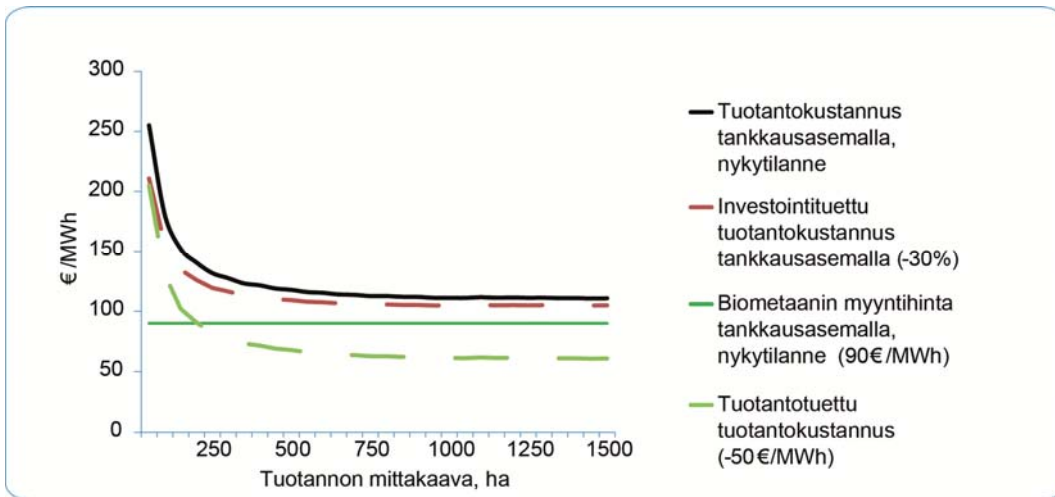
Taulukko 15. Biokaasusta tuotetun lauhdesähkön ja CHP:n tuotantotukitasot.

		JALOSTUSREITIT		
		Lauhde-sähkö	CHP	Biometaani liikennekäyttöön
Hyötysuhteet				
Sähkön tuotanto	%	40	40	
Lämmön talteenotto	%		40	
Lämmön käytettävyys	%		75	
Biokaasun jalostus biometaaniksi	%			98
Biokaasun käytön kokonaishyötysuhde	%	40	70	95
Tuotantotuki				
Biokaasusähkön takuuhinta	€/MWh _{el}	83,5	133,5	
Sähkön tuottajahinta	€/MWh _{el}	- 43,5	- 43,5	
Biokaasusähkön tuotantotuki	€/MWh _{el}	40	90	
Ehdotus liikennebiometaanin alkuvaiheen tuesta	€/MWh _{th}			50
Tuki tuotettua energiaa kohden				
Biokaasuenergialle kohdennettuna	€/MWh _{th}	16	36	47,5
Engrialopputuotteille kohdennettuna	€/MWh	40	51	50

Kuten kuvasta 50 on havaittavissa, suora tuotantotuki ei tee maakaasuverkkoon syötetystä biometaanin tuotannosta varsinaisesti vielä kannattavaa, vaan kattaa ainoastaan sen tuotantokustannukset ja tarjoaa pienehkön katteen riskin ottaville toimijoille.

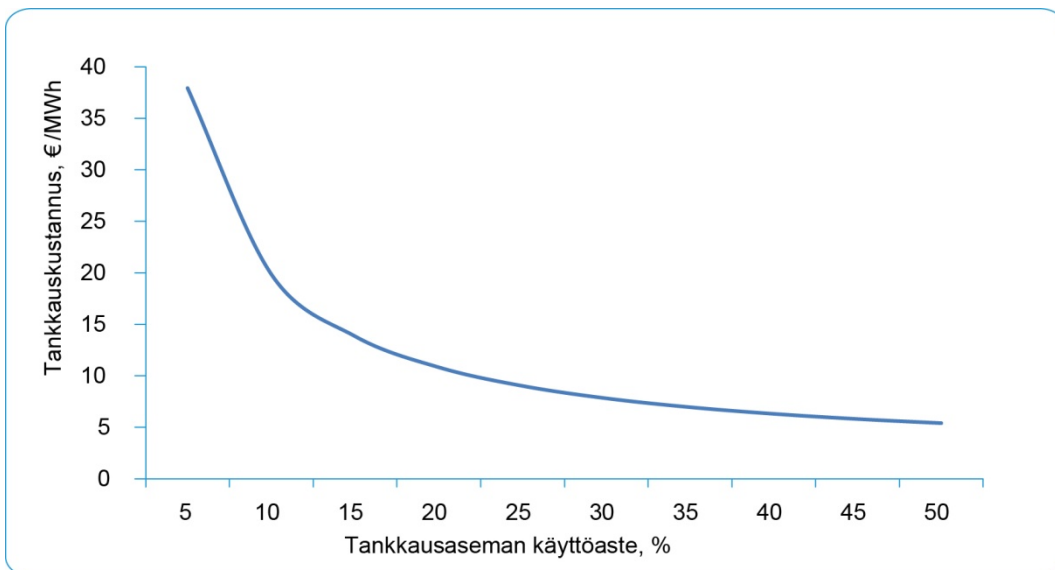
Tilanne kuitenkin muuttuu kun tarkastellaan koko tuotantoketjua ja lopputuotteen (biometaani) myyntiä liikennekäyttöön. Nykyisessä markkinatilanteessa biometaania myydään liikennekäyttöön noin 90 €/MWh hintaan. Liikennekäyttöön myytäessä biometaanin tuotantokustannuksiin pitää lisätä siirtohintaa maakaasuverkossa ja biometaanin tankkauskustannus.

Biometaanin siirtohintaa maakaasuverkossa on haarukoitu maakaasun tukutariffien perusteella olevan noin 10 €/MWh (Energiamarkkinavirasto 2014.) Biometaanin tankkauskustannus nykyisessä markkinatilanteessa on vähäisen käyttöasteen takia varsin korkea, arviolaskelman mukaan noin 30 €/MWh. Nämä hinnat kun lisätään biometaanin tuotantokustannukseen, saadaan tuotantokustannus tankkausosalla kuvan 50 mukaisesti.



Kuva 50. Biometaanin tuotantokustannus tankkausasemalla.

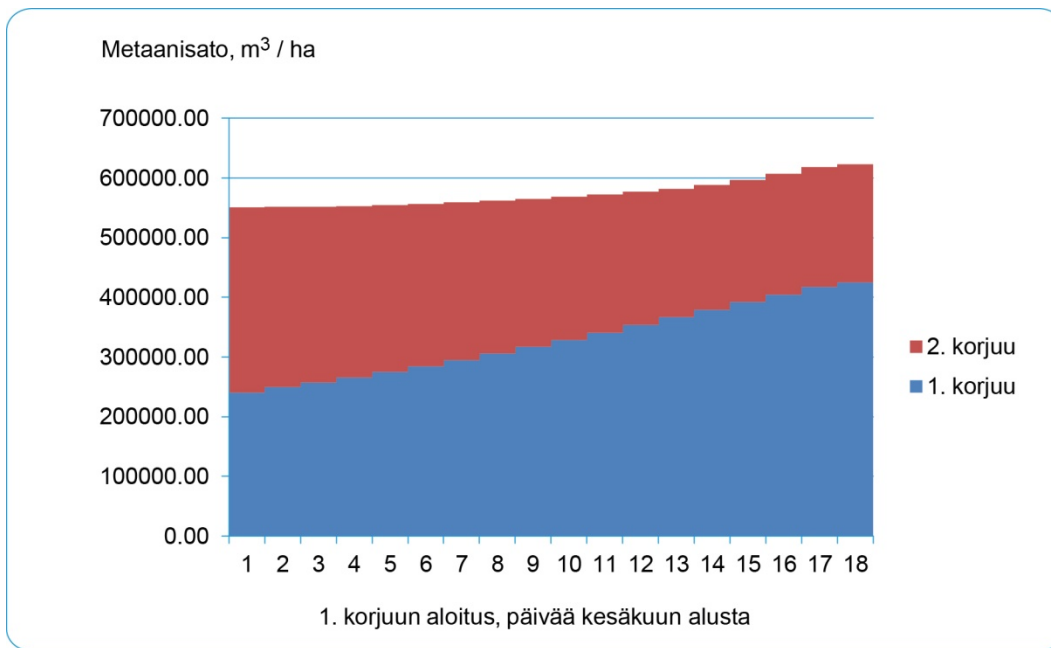
Biometaanin jakelukustannus on nykyisessä tilanteessa varsin merkittävä. Tämä johtuu siitä, että biometaanin jakeluinfrastruktuurin vajaakäyttö ja sen kehittäminen aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia. Tämä käy selkeästi ilmi kuvasta 51. Kuvaa tulkittaessa täytyy huomata, että sadan prosentin käyttöaste tarkoittaisi tankkausaseman kapasiteetin olevan täyskäytössä, ilman minkäänlaista puskuria, 24 h vuorokaudessa. Koska valtaosa käytöstä ajoittuu päiväajalle ja siinäkin tietyille ruuhkatunneille, käytännössä jo 30 prosentin käyttöasteella tankkausasemalla on varsin vilkasta.



Kuva 51. Tankkauskustannus suhteessa tankkausaseman käyttöasteeseen⁵.

Kuvassa 52 on havainnollistettu mistä tekijöistä tankkauskustannus muodostuu. Pääomakustannukset ovat ehdottomasti merkittävin tekijä, minkä vaikutus korostuu kun käyttöaste on vähäinen. Tämä selittää tankkauskustannusten suuruutta vähäisellä käyttöasteella.

⁵ Tankkausaseman kapasiteetti 500 Nm³/h biometaanina. Investoinnit: kompressori 300 k€, asema 700 k€



Kuva 52. Kustannusjakauma suhteessa tankkausaseman käyttöasteeseen.

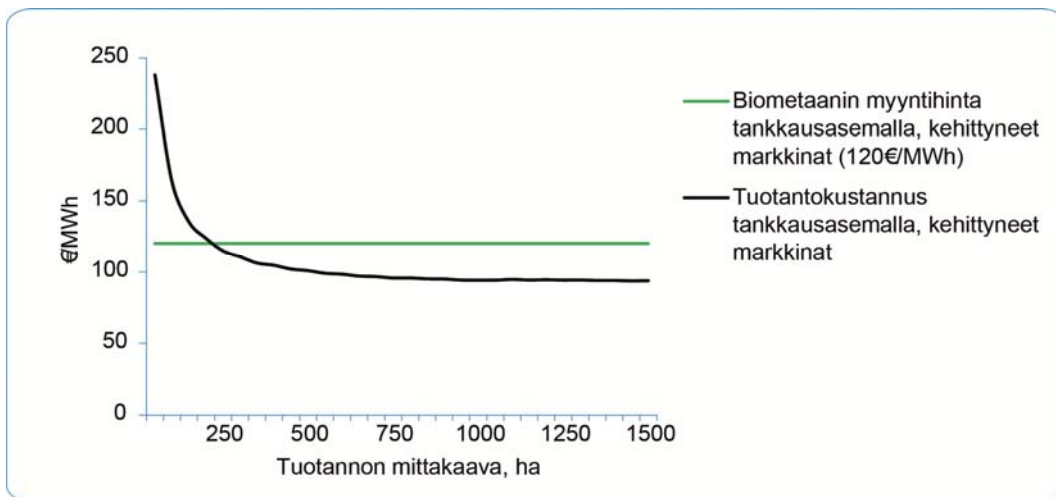
Toinen kannattavuutta heikentävä tekijä on, että nykytilanteessa biometaanin myydään lähes 40 prosenttia halvemmalla kuin bensiiniä. Hinnoittelun perusteena ei ole välttämättä niinkään tuotantokustannus, vaan että tuotteelle pyritään luomaan kysyntää. Muita polttoaineita alemmalla hinnalla kompensoidaan kuluttajalle jakeluinfrastruktuurin puutteita ja biometaanijoneuvon hankinnasta aiheutuneita kuluja, toisin sanoen pyritään luomaan kuluttajille motivaatio siirtyä metaanivoimalla kulkevien ajoneuvojen käyttöön.

Tilanteessa jossa jakeluinfrastruktuuri on kattava ja sen myötä myös ajoneuvokanta on kasvanut riittäväksi, jakelukustannus laskee merkittävästi samaan aikaan kun biometaanin myyntihinta voi nousta lähelle nykyistä bensiinin ja dieselin pumppuhintaa. Markkinoiden kehittyessä ja tuotannon volyyymien kasvaessa päästään alempiin laitosinvestointeihin tuotantosarjojen kasvaessa. Tämän vaikutusta ei kuitenkaan ole otettu laskennassa huomioon.

Kuvassa 53 on havainnollistettu nurmipohjaisen biometaanin kilpailukykyä kehittyneillä markkinoilla. Biometaanin myyntihinnaksi (pumppuhinta) on dieseliä vastaava arvonlisäveroton hinta 120 €/MWh⁶. Kuvasta voidaan havaita, että kehittyneillä markkinoilla nurmesta tuotettu biometaanin ei vaadi enää tukea.

Haasteena on, miten tähän tilanteeseen päästään. Ilman kattavaa biometaanin jakeluverkostoa ajoneuvokanta ei kehity, ja ilman riittävää liikennebiometaanin kysyntää jakeluverkostoa ei kannata kehittää.

⁶ Dieselin hinta 1,2 €/l = 120 €/MWh (alv. 0%)
 Bensiinin hinta 1,3 €/l = 144 €/MWh (alv. 0%)



Kuva 53. biometaanin tuotantokustannus kehittyneillä markkinoilla.

7.5 Lähteet

KTBL-Biogasrechner 2011. Available:

<http://daten.ktbl.de/biogas/navigation.do;jsessionid=1DBA9C0C8A6DA9DB1EEF68E824EF29BC?selectedAction=Startseite#start>

Rasi ym. 2012. MTT report 50. Available: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti50.pdf>

Urban, W., Girod, K., Lohmann, H., 2008: Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz. Ergebnisse der Markterhebung 2007–2008. 123 s. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Oberhausen.

8 Tukijärjestelmän toteutus

Esa Aro-Heinilä

8.1 Järjestelmän rajaus

Nurmipohjaisen biometaanin tuotanto ei lähde liikkeelle investointituilla, vaan sen alkuun saattaminen vaatii suoraan tuotantotukea. Tukijärjestelmän tarkoituksena ei ole tukea tiettyä toimintaa loputtomiin, vaan sysätä toivottu toiminta liikkeelle niin, että teknologian kehityksen ja soveltamisen alkuvaiheen ongelmat saadaan sen voimin katettua. Tuetun toiminnan ja siihen liittyvien teknologioiden pitäisi siis kyetä osoittamaan elinkelpoisuutensa tukikauden aikana.

Ehdotettu tukijärjestelmä ei koske biojäte- ja lietepohjaista liikennebiometaanin, koska biometaanin tuotanto on jo nykyisellään näistä raaka-aineista olemassa olevaa liiketoimintaa, jonka kannattavuus perustuu jätteenkäsittelymaksuihin. Biometaanin tuotantotuki biojäte- ja lietepohjaiselle tuotannolle vääristäisi jätemarkkinoita ja siirtäisi kustannuksia jätteenkäsittelystä liikennepolttoaineisiin.

Tukijärjestelmä rajataan siis koskemaan ainoastaan peltobiomassoja ja tuotantoeläinten lantaa. Rajaus on peltobiomassojen osalta perusteltua siksi, että mädätettävä raaka-aine maksaa (tuotanto aiheuttaa merkittäviä kustannuksia), sen sijaan että sen käsittelystä maksettaisiin (vrt. biojätteet ja -lietteet). Tuotantoeläinten lanta on perusteltua ottaa mukaan tukijärjestelmään siksi, että lanta on peltobiomassojen mädätysprosessin toimivuuden kannalta on olennainen komponentti. Tällä pyritään yksinkertaistamaan tukijärjestelmää niin, ettei tukea tarvitse määrittellä saman prosessin läpikäyneille tuotteille (peltobiomassat, lannat) erikseen⁷.

Rajausta voi perustella myös sillä, että lannan energiataloudellinen merkitys ei ole suuri, koska helposti hajoavat yhdisteet on siitä jo eläinten ruoansulatuselimistössä käytetty. Tämä tarkoittaa sitä, että lannan osuus peltobiomassojen ja lannan yhteismädätyksessä lopputuote-energialle maksetusta tuesta jää marginaaliseksi.

Ohjauksellisesti tehokkaan tukijärjestelmän toteutus edellyttää tiettyjen ehtojen täyttymistä. Olennaisia tekijöitä ovat tukitason määrittely ja kannustavuus, järjestelmään sitoutuminen, kustannusvaikutusten kohdentuminen sekä hallinnolliset kustannukset.

8.2 Tukitason määrittely ja kannustavuus

Tukitaso on määritelty niin että toivottu tuotanto on taloudellisesti mahdollista, mutta tuesta ei muodostu ylikompensaatiota, joka jättää alan lepäämään laakereillaan. Ylikompensaatiota ehkäisy vaati koko ketjun tuotantokustannuksen tarkkaa tuntemista. Nurmipohjaisen biometaanin tuotantoketjussa nurmen tuotannon kustannukset tunnetaan varsin tarkkaan. Haasteellisempaa on ketjun loppupään, kehityksessä olevan toimintamuodon, kustannusten arviointi.

Olennainen kannustin ja ylikompensaatiota ehkäisevä tekijä on, että tukitaso määritellään asteittain alenevaksi. Kun markkinat kehittyvät ja pioneerivaiheen tuotannosta päästään sarjatuotantoon, tukitaso laskee ja poistuu määräjän ja/tai saavutetun kehitysasteen jälkeen kokonaan.

Biometaanin tuotannossa tämä tarkoittaa että ensisijaisena tukileikkurina toimii biometaanin markkinaosuus liikennepolttoainekäytössä. 20 prosentin markkinaosuuden voidaan katsoa edustavan kehittyntä markkinatilannetta, jossa tukea ei enää tarvita. Biometaanin tukijärjestelmässä markkinaosuuteen voidaan

⁷ Biojätteiden ja -lietteiden käsittely tapahtuu yleensä omissa prosesseissaan, koska ei haluta sekoittaa maatalousperäisiä varmasti peltolevityskelpoisia ”puhtaita” biomassoja jätepohjaisiin massoihin, joiden loppukäyttö on hankalampaa.

laskea myös maakaasun käyttö liikenteessä, koska sen hyödyntämiseen luotu infrastruktuuri tukee myös biometaanin käyttöä.

Toiseksi tukileikkuriksi on mahdollista määritellä aika, jolloin tuki poistuu asteittain ajan kuluessa jos ensisijainen tukileikkuri ei ole tukea jo leikannut. Tällä kannustetaan toimijoita tehostamaan toimintaa ja kasvattamaan markkinaosuutta siitä huolimatta että tukitaso laskee markkinaosuuden kasvaessa.

8.3 Järjestelmään sitoutuminen

Olennaista on, että järjestelmään sitoudutaan yli poliittisten vaalikausien, jolloin se on ennustettava ja pitkän aikavälin investointien tekeminen on mahdollista. Minimiajanjaksona, jonka aikana liikennebiometaanin markkinoiden pitäisi kehittyä ja teknologian osoittaa markkinakilpailukykyä, voidaan pitää 20 vuotta. Investoinnit ovat siinä määrin pitkävaikutteisia, että järjestelmään olisi hyvä sitoutua tätäkin pidemmäksi ajanjaksoksi, mutta käytännössä tämä lienee yhteiskunnan suunnitteluhorisonttia ajatellen haastavaa ja poliittisesti vielä haastavampaa.

8.4 Saastuttaja maksaa

Tärkeä elementti tukijärjestelmän yleisen hyväksyttävyyden ja sen aiheuttamien kustannusvaikutusten ohjaavuuden kannalta on, että kustannukset kohdentuvat oikein, eli saastuttaja maksaa tuen aiheuttamat kustannukset.

Tämä tarkoittaa että tuki pitää kerätä fossiilisten liikennepolttoaineiden kuluttajilta. Tällöin tuen maksajina ovat bensiinin, dieselin ja, maakaasun liikennekäytön yleistyessä myös, maakaasun käyttäjät. Näin välttää siltä, että tuki rasittaisi valtion taloutta, lisäämällä uuden kuluerän valtion verotuloihin. Verotuloista maksettu tuki ei myöskään kohdennu oikein, koska tuen kustannusvaikutus kohdentuu täysin eri perusteiden kuin saastuttaja maksaa -periaatteella.

8.5 Hallinnolliset kustannukset

Järjestelmän tulee olla aukoton, yksinkertainen ja selkeä, jolloin myös järjestelmän hallinnolliset kustannukset jäävät kohtuullisiksi. Ehdotuksena on, että liikennebiometaanin tukitasoa tarkastetaan markkinaosuuteen ja tukiajanjaksoon perustuvilla leikkureilla puolivuositain. Tuki kerätään veroluonteisena, vastaavaan tapaan kuin muut polttoaineverot lisäämällä tuen kustannukset liikennepolttoaineina käytettävien bensiinin ja dieselin hintaan. Käytännössä siis tuen kustannukset voidaan kerätä osana polttoaineverotusta.

8.6 Tukijärjestelmän vaikutus fossiilisten liikennepolttoaineiden hintaan

Tarkastellaan edellä ehdotetun asteittain alenevan biometaanin tuotantotuen kustannusvaikutuksia, missä tukijärjestelmän kustannukset kohdennetaan fossiilille liikennepolttoaineille.

Otetaan lähtökohdaksi Suomen maantieliikenteen polttoaineen kulutus vuodessa, mikä nousee VTT:n (2012) ennusteen mukaan muutaman lähivuoden kuluessa 50 terawattituntiin (VTT 2012).

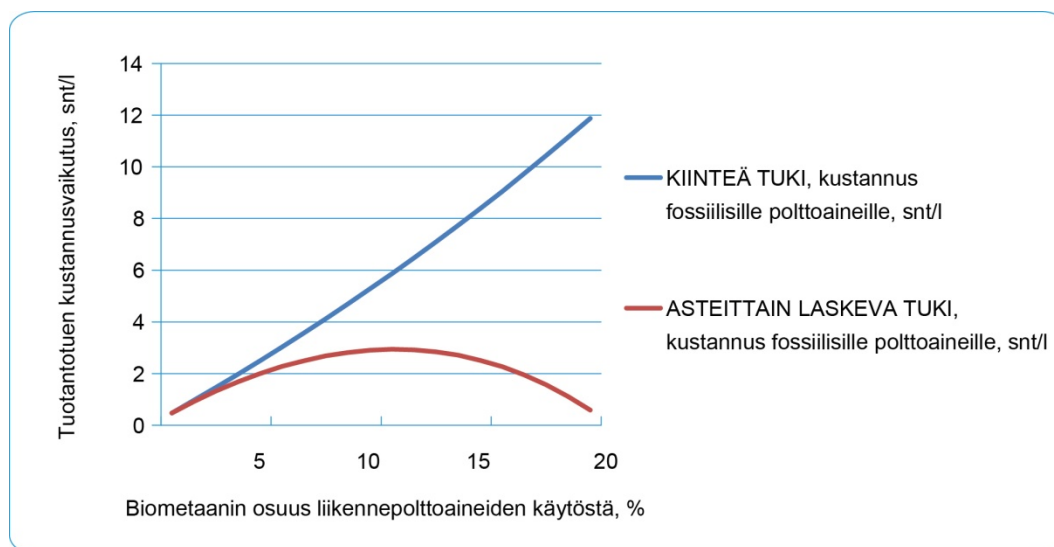
Taulusta 16 voidaan havaita, että kustannusvaikutus dieselille ja bensiinille⁸ jää muutamiin sentteihin litraa kohden. Suurimmillaan kustannusvaikutus on tukikauden puolella välissä, tai vaiheessa jossa biometaanin liikennekäytön osuus on noin 10 prosenttia. Tällöin tuen aiheuttama kokonaiskustannus on noin 140 miljoonaa euroa. Nestemäisten fossiilisten polttoaineiden hintalisä on tällöin polttoaineesta riippuen vain 2,8–3,1 senttiä litraa kohden. Koska Suomessa arvonlisäveroa kerätään polttoaineveroista, myös biometaanin tukeen mitä ilmeisimmin lisättäisiin vielä arvonlisäveron osuus, mikä nostaa kuluttajan kokemaa hintaa 24 prosenttia, jolloin hintalisä suurimmillaan olisi 3,5–3,8 senttiä litraa kohden.

⁸ Kohdennettu bensiinin ja dieselin energiasisällön perusteella, MWh/l.

Taulukko 16. Asteittain laskevan biometaanin tuotantotuen kustannusvaikutukset.

Asteittain laskevan biometaanin tuotantotuen kustannusvaikutukset							
Liikennepolttoaineiden kokonaiskäyttö				50 TWh / a			
Fossiilisten polttoaineiden liikennekäyttö		Biometaanin liikennekäyttö		Biometaanin tuotantotuen määrä €/MWh _{th}	Tuen aiheuttama kustannus M€/a	Hintalisä	
%	TWh/a	%	TWh/a			Diesel snt/l diesel	Bensiini snt/l diesel
99	49,5	1	0,5	50,0	25	0,5	0,5
98	49,0	2	1,0	47,5	48	1,0	0,9
95	47,5	5	2,5	40,0	100	2,1	1,9
90	45,0	10	5,0	27,5	138	3,1	2,8
85	42,5	15	7,5	15,0	113	2,6	2,4
80	40,0	20	10,0	2,5	25	0,6	0,6

Vaikka 50 €/MWh tuki biometaanille alkuvaiheessa vaikuttaa korkealta tukimäärältä, kustannusvaikutukset jäävät kohtuullisiksi kun tuki toteutetaan asteittain alenevana. Tämän havainnollistamiseksi kuvassa 54 on esitetty asteittain alenevan tuen ja kiinteän tuen kustannusvaikutus fossiilisille polttoaineille. Kiinteän tuen hintalisä olisi suurimmillaan, tukikauden lopussa, noin 12 snt/l ja kokonaiskustannus 500 miljoonaa euroa vuodessa. Tämä on yli 3,5 -kertainen asteittain laskevan tuen vuosittaisen maksimi kustannukseen verrattuna.



Kuva 54. Asteittainen alenevan ja kiinteän tuen kustannusvaikutus fossiilisille polttoaineilla (ka diesel/bensiini).

8.7 Vaikutus liikennepolttoaineista kerättäviin verotuloihin

Biometaani on toistaiseksi ollut polttoaineveroista (energiasisältövero, hiilidioksidivero ja huoltovarmuusmaksu) vapaa polttoaine. Tämä on varsin merkittävä subventiomuoto, jolla ei ole suurta merkitystä valtion verotuloihin niin kauan kun biometaanin käyttö on marginaalista. Tilanne kuitenkin muuttuu, jos biometaanin käyttöosuus kasvaa. Taulukossa 17 on esitetty biometaanin liikennekäytön vaikutukset valtion verotuloihin polttoaineverotulojen vähenemänä. Bensiinin polttoainevero on 67,29 snt/l ja dieselillä 49,66 snt/l (Finlex 2014).

Lisäksi täytyy ottaa huomioon sekä polttoaineveron laskusta että biometaanin alhaisemmasta hinnasta aiheutuva arvonlisäverotulojen vähenemänä. Taulukkoa tulkitessa täytyy huomata, että arvionvaraisia muuttuvia tekijöitä on niin monta, että lukuarvot esittävät vain suuruusluokkaa käytetyillä oletuksilla.

Oletuksena on, että biometaanin korvaa bensiinin ja dieselin käyttöä suhteella 70^{bensiini} / 30^{diesel} (Taulukko 17). Tämä siis tarkoittaa, mitä polttoainetta biometaanin oletetaan korvaavan. Ensisijaisesti biometaanin oletetaan korvaavan bensiinin käyttöä. Perusteluna tälle on, bensiini on selvästi dieseliä kalliimpaa, jolloin biometaanin siirtyminen on houkuttelevampaa. Lisäksi biometaanin vaatiman suuremaan tankkitilavuuden ja dieselmoottorin paremman ”väännön” takia raskas liikenne ei ole yhtä halukas siirtymään biometaanin käyttöön. Dual-fuel –moottoreiden yleistyessä tilanne saattaa kuitenkin muuttua. Dieselistä biometaanin siirtyminen on houkuttelevaa juuri ammattiautoilijoille, joiden liikennöinti tapahtuu maantieteellisesti rajatulla alueella tankkausasemaverkoston ulottuvilla.

Toinen muuttuva oletus on biometaanin ja korvattavien polttoaineiden hintaero. Oletuksena on että hintaero on suurimmillaan nykytilanteessa, jossa pyritään luomaan kuluttajille motivaatio siirtyä biometaanin käyttöön. Tämä kapenee biometaanin markkinaosuuden kasvaessa.

Valtion verotuloina on käytetty 39,8 miljardia ja arvonlisäverotuloina 17 miljardia euroa, mitkä ovat vuoden 2014 ennusteen mukaisia (Veronmaksajat 2014). Polttoaineverotuloina jouduttiin käyttämään vuoden 2013 ennustetta, 2,7 miljardia euroa (Autoalan ... 2013).

Vaikutusten suuruus riippuu suoraan biometaanin liikennekäytön osuudesta (Taulukko 17). Käyttöosuuden ollessa 1 prosenttia, valtion verotulojen vähenemä on marginaalinen. 20 prosentin käyttöosuuden kohdalla verotulojen vähenemä on yhteensä lähes 900 miljoonaa euroa, mikä vastaa noin 2,2 prosenttia valtion verotuloista. Jos vaikutus kompensoidaan kohdentamalla vaikutus fossiilisille liikennepolttoaineille, verotulojen vähenemä nostaisi bensiinin ja dieselin arvonlisäverotonta hintaa käyttöosuuden perusteella 1–17 snt/litra.

Taulukko 17. Biometaanin liikennekäytön aiheuttama vähenemä valtion verotuloihin.

Biometaanin liikennekäytön aiheuttama vähenemä valtion verotuloihin							
Korvattavat polttoaineet		Bensiini	Diesel				
Polttoaineverot	snt/l	67,29	49,66				
--""--	€/MWh	74,8	49,7				
--> biometaanin korvaa polttoaineita suhteessa		70 %	30 %				
Biometaanin liikennekäytön aiheuttama polttoaineverotulojen vähenemä	€/MWh	67,2					
Biometaanin osuus liikennepolttoaineista	%	1	2	5	10	15	20
Polttoaineverotulojen vähenemä	M€	34	67	168	336	504	672
Arvonlisäverotulojen vähenemä							
- Polttoaineveron laskusta aiheutuva vähenemä	M€	8	16	40	81	121	161
- Polttoaineiden hintaerosta aiheutuva vähenemä*	M€	5	11	24	38	44	41
Yhteensä	M€	14	27	64	119	165	202
*Biometaanin vs. bensiini / diesel							
Biometaanin liikennekäytön vaikutus valtion verotuloihin							
Polttoaineverojen vähenemä	%	1	3	6	13	19	25
Arvonlisäverotulojen vähenemä	%	0,1	0,2	0,4	0,7	1,0	1,2
Kokonaisvähenemä valtion verotuloihin yhteensä	%	0,1	0,2	0,6	1,1	1,7	2,2
Vaikutus fossiilisille liikennepolttoaineille kohdennettuna							
Bensiinin ja dieselin hintalisä	snt/l	1	2	4	8	13	17

8.8 Vaikutus vaihtotaseeseen

Usein esitetty näkemys on, miksi tuoda ulkomaista raakaöljyä liikenteen menovedeksi kun sitä voitaisiin tuottaa kotimaassa Suomen nykyisen elintarvikekäytön ylijäävällä peltoalalla. ”Ylijäävää” peltoalaa on noin 20 % peltopinta-alasta, laskentatavasta riippuen 350–500 tuhatta hehtaaria. Nykyisellään peltoalalla tuotetaan rehuviljaa ulkomaisen vientiin. Biometaaniksi muunnettuna tällä peltoalalla voitaisiin tuottaa noin 20 % Suomen liikennepolttoaineiden tarpeesta. Millainen vaikutus tällä olisi Suomen vaihtotaseeseen?

Kokonaisuudessaan vaikutussuhteet kerrannaisvaikutuksineen ovat moninaisia. Yksinkertaistaen asiaa voi kuitenkin tarkastella hehtaariperusteisesti, miten suuri myyntihinta ulkomaan vientiin menevällä rehuviljalla on raakaöljyn tuontihintaan verrattuna (Taulukko 18). Oletetaan rehuviljan satotasoksi 4 t/ha ja biometaanin nettosaannoksi 20 MWh/ha. Ongelmallista tarkastelun kannalta on että kummankin tuotteen (rehuvilja, raakaöljy) hinnat vaihtelevat voimakkaasti. Taulukossa 18 esitetystä hintahaarukassa biometaanin tuotannon positiivinen nettovaikutus vaihtotaseeseen peltohehtaaria kohden on 350–800 €/ha.

Jos oletetaan raakaöljyn hinnaksi 110 \$/barreli ja rehuviljan hinnaksi 150 €/t, positiivinen nettovaikutus on noin 575 €/ha. Kun hehtaarilta saadaan bensiiniekvivalentteina noin 2 222 litraa ja dieselekvivalentteina 2000 litraa biometaanina, positiivinen vaikutus vaihtotaseeseen tarkoittaa bensiiniekvivalentteina noin 26 snt/l ja dieselekvivalentteina 29 snt/l.

Taulukko 18. Biometaanin liikennekäytön vaikutus Suomen vaihtotaseeseen

Nurmipohjaisen biometaanin tuotannon vaikutus Suomen vaihtotaseeseen

Rehuviljan satotaso	t/ha	4		
Biometaanin nettosato	MWh/ha	20		
Korvattava tuote, rehuvilja				
Rehuviljan hinta	€/t	120	150	180
Viljan myyntitulo	€/ha	480	600	720
Korvaavava tuote, biometaanin				
Raakaöljyn hinta	\$/barreli	100	110	120
--"	€/MWh	53	59	64
Biometaanin myyntitulo	€/ha	1 069	1 176	1 283
Nettovaikutus peltohehtaaria kohden	€/ha	350 - 800		

Vaikutus vaihtotaseeseen biometaanin markkinaosuuden mukaan

Biometaanin osuus liikennepolttoaineista	%	1	2	5	10	15	20
--"	TWh/a	0,5	1	2,5	5	7,5	10
Viljelyn vaatima peltoala	1000 ha	25	50	125	250	375	500
Rehuviljan arvo (viljan hinta 150 €/t)	M€	15	30	75	150	225	300
Biometaanin arvo (raakaöljyn hinta 110 \$/barreli)	M€	29	59	147	294	441	588
Nettovaikutus yhteensä	M€	14	29	72	144	216	288

Suomen vaihtotase oli vuoden 2013 aikana noin 1,6 miljardia euroa tappiollinen (Suomen pankki 2014). Tätä voi verrata biometaanin tuotannon positiiviseen vaikutukseen, mikä on Taulukon 18 laskenta-arvoilla biometaanin yhden prosentin markkinaosuudella 14 miljoonaa euroa. Markkinaosuuden kasvaessa 20 prosenttiin positiivinen vaikutus vaihtotaseeseen olisi 288 miljoonaa euroa.

8.9 Lähteet

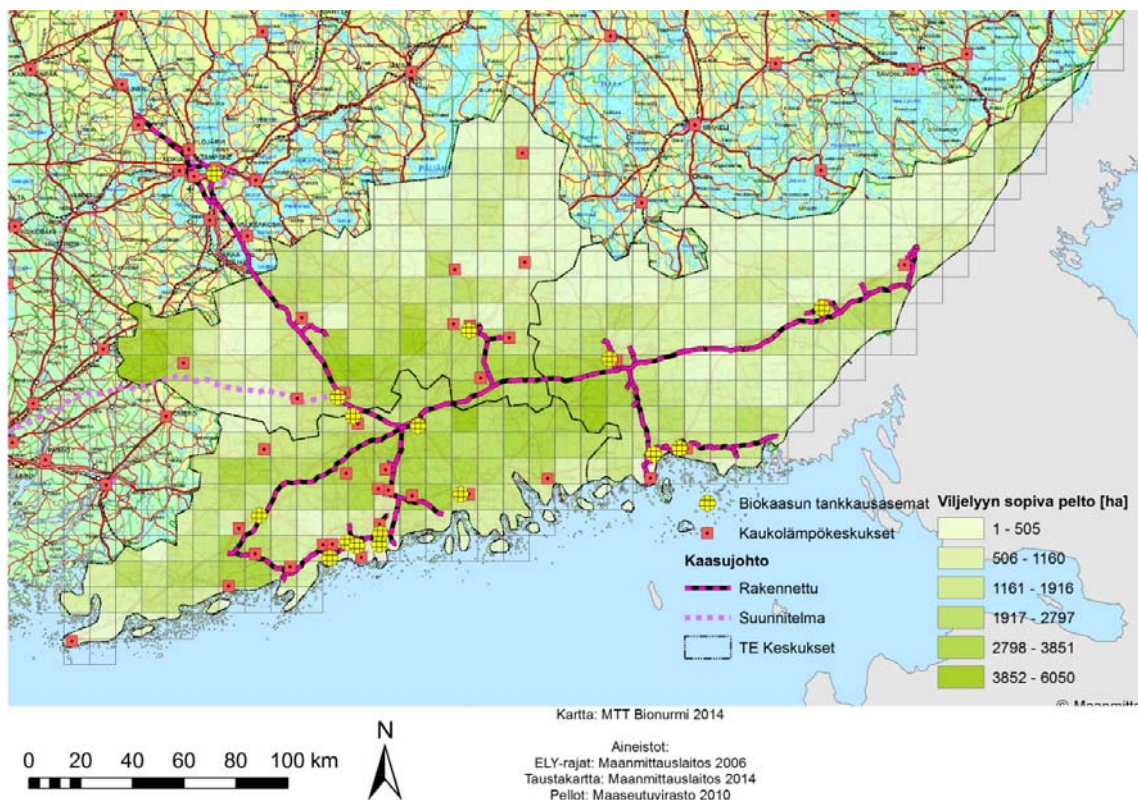
- Autoalan tiedotuskeskus 2013. Valtion tulot tieliikenteestä 2006–2013:
http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/valtion_verotulot_tieliikenteesta
- ASAE Standard
- Finlex 2014: 29.12.1994/1472 Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941472#a1472-1994>
- Mela, T., 2003. Red clover grown in mixtures with grasses: yield persistence and dynamics of quality characteristics. *Agricultural and food science* 12 / 2003pp. 195–212
- Palva R. 2013. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuottavuus 3 / 2013 (645)
- Salo, Tapio, Turtola, Eila, Virkajärvi, Perttu, Saarijärvi, Kirsi, Kuisma, Paavo, Tuomisto, Jussi, Muurinen, Susanna, Turakainen, Marja. 2013. Nitrogen fertilizer rates, N balances, and related risk of N leaching in Finnish agriculture. MTT Raportti 102: 37 p
- Suomen pankki 2014. Suomen kauppatase ja vaihtotase.
http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/maksutase/pages/tilastot_maksutase_ja_suorat_sijoitukset_maksutase_kauppa_ja_vaihtotase_virta_chrt_fi.aspx
- Veronmaksajat 2014. Valtion tulot ja menot: <http://www.veronmaksajat.fi/luvut/Tilastot/Julkinen-talous/Valtion-tulot-ja-menot/>
- VTT 2012. Lipasto – laskentajärjestelmä / Liisa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/paastodata.htm>

9 Biokaasulaitosten esimerkkisijaintipaikat hankealueella

Eeva Lehtonen, Jukka Höhn ja Arja Seppälä

9.1 Laitospaikat nurmen tarjontapisteisiin

Paikkatietojärjestelmän avulla mallinnettiin optimaaliset sijainnit ja biomassan hankinta-alueet mahdollisille nurmea hyödyntäville biokaasulaitoksille hankealueella. Sopivat laitospaikat osoitettiin paikkoihin, joissa on runsaasti nurmibiomassaa ja lantaa saatavilla, raaka-aine on kuljetettavissa tieverkkoa pitkin laitokseen käsiteltäväksi ja biokaasulaitoksen tuotteet (biokaasu, metaani ja käsittelyjäännös) ovat kuljetettavissa kohtuullisen matkan päässä oleville markkinoille ts, lähistöltä löytyy maakaasuputki, lämpöverkko, liikennebiokaasun jakeluasema ja käsittelyjäännöksen levittämiseen soveltuvaa peltoa (kuva 60). Nurmibiomassan laskennassa ja laitospaikkojen sijoittamisessa hyödynnettiin MTT:n Jätteestä liikennepolttoainetta -hankkeessa kehitettyä menetelmää (Höhn ym 2014). Samalla menetelmää tarkennettiin huomioimaan aiempaa tarkemmin eläinten rehutarve. GIS-ryhmän tuottamien karttojen avulla valittiin sopivat paikat esimerkkilaskelmien biokaasu-laitoksille, joille laskettiin biomassojen kuljetusmatkat ja -kustannukset.



Kuva 60: Biokaasun jakeluun soveltuva infrastruktuuri tutkimusalueella.

9.2 Raaka-aineen kartoitus

Nurmen tuotannon ja biokaasupotentiaalin laskennassa käytettiin Maaseutuviraston pelto- ja viljelykasvi-rekisteriä sekä taulukon 19 kertoimia. Monipuolisen viljelykierron mahdollistamiseksi oletimme, että 30 %:lla pellosta voidaan viljellä nurmea. Laskennassa huomioitiin vain yli 1 ha pellot, koska sitä pienemiltä alueilta nurmen korjuu on yleensä tehotonta ja kallista. Tästä nurmialasta vähennettiin viljelyala, jolla tuotetaan rehu alueen eläimille. Mahdollisina syöteinä huomioitiin lisäksi sika- ja nautatilojen lanta (Taulukot 20 ja 21).

Alueen eläinten rehuntarpeen vaikutus käytettävissä olevaan nurmimäärään huomioitiin seuraavasti: Tila-kohtainen eläinmäärä (Elintarviketurvallisuusvirasto 2010) summattiin 10 km x 10 km hilaruudukolle. Hilakohtainen rehuntarve laskettiin eläinakohtaisen rehuntarpeen perusteella (Taulukko 20). Rehuntarpeesta johdettiin rehun viljelyyn tarvittava pinta-ala keskimääräisten tuottokertoimien perusteella, jotka olivat heinälle 3,9 t/a ja säilörehulle 7,5 t/a. Tämä pinta-ala vähennettiin siitä peltoalasta, joka oli ajateltu olevan nurmentuotannossa. Laskukaava on siis: biokaasuntuotantoon soveltuva nurmiala = 30 % yli 1 ha peltojen kokonaispeltoalasta – rehuntuotannon tarvitsema pinta-ala.

Sika- ja nautatilojen lanta huomioitiin myös mahdollisena syötteenä biokaasuntuotantoon. Lannan määrä laskettiin eläinmäärän (Elintarviketurvallisuusvirasto 2011) ja eläinakohtaisten lannantuottokertoimien perusteella (Taulukko 21). Lantaan perustuva biokaasun- ja metaanintuottopotentiali laskettiin kunkin lantatyypin kuiva-aineen (TS), orgaanisen aineen pitoisuuden (VS/TS) ja metaanintuotto-odotuksen perusteella (Taulukko 21).

Taulukko 19. Nurmen tai säilörehun tuotto (k-a) hehtaaria kohden ja biokaasun tuotto.

	CH ⁴ Nm ³ /VS	Kuiva-aine %	Org. pit. VS/TS	Sato t K-A/ha
Säilörehu	350	35	85	7,5

Taulukko 20. Rehun tarve

Eläinryhmä	Kasvatusaika	Rehun tarve (kg kuiva-aine/eläin)		
		Heinä	Säilörehu	Laidun
Lypsylehmä	365 d	688	1950	1340
Emolehmä	365 d		3225	1546
Hieho	23 kk	516	1565	588
Lihahieho	374 d	378	648	
Lihasonni	500 d	34	1298	
Hevoset	365 d	1949		1300
Lampaat	365 d	122	160	322

Lähde: Proagria-Tuottopehtori (2011)

Taulukko 21. Lantojen tuotto (k-a) ja biokaasun tuotto.

	CH ₄ Nm ³ /VS	Kuiva-aine %	Org. pit. VS/TS	Määrä t K-A/eläin
Naudan lietelanta	200	6	80	0,35–1,5
Sian lietelanta	300	4	80	0,06–0,28
Hevososen kuivalanta	250	32	70	4

Nm³=Kaasukuutiometri normaaliolosuhteissa, VS=orgaanisen aineen pitoisuus (volatile solids), TS=K-A=Kuiva-aine (total solids)

9.3 Potentiaalın kartoitus

Biokaasupotentiaalın jakautuminen tutkimusalueelle osoitettiin nurmen ja lannan tiheyttä osoittavalla kartalla. Kartan lähtöaineistona oli tietokanta, jossa jokainen nurmen viljelyyn sopiva pelto on omana pisteenään ja kullekin tilalle laskettu lantamäärä omana pisteenään. Jokaiselle pisteelle on attribuuttitietona pellolta saatava kuiva-aine ja biokaasun tuotto-odotus tai tilalle arvioitu lantatyypin ja sen määrä kuiva-aineena ja metaanipotentialina. Pisteistä muodostettiin Kernel-tiheyspinta, jonka avulla saadaan yleiskuva biomassan jakautumisesta ja voidaan visuaalisella tarkastelulla tunnistaa selkeitä biomassatiheytyksiä, hotspoteja. Hotspot-analyysia tarkennettiin laskemalla jokaiselle biomassapisteelle sitä ympäröivän alueen biomassapisteiden summa (10 km kuljetussäteen sisäpuolella olevien pisteiden summa). Näin saatiin selville ne pisteet joiden ympärille biomassaa on eniten keskittynyt (kuva 61c, Taulukko 22).

Korkean tihentymän alueet voivat sopia hyvin biokaasun tuotantopaikoiksi. Kuva 61b näyttää biokaasupotentiaalin tutkimusalueella. Punaiset ja oranssit alueet osoittavat korkeaa biokaasupotentiaalia.

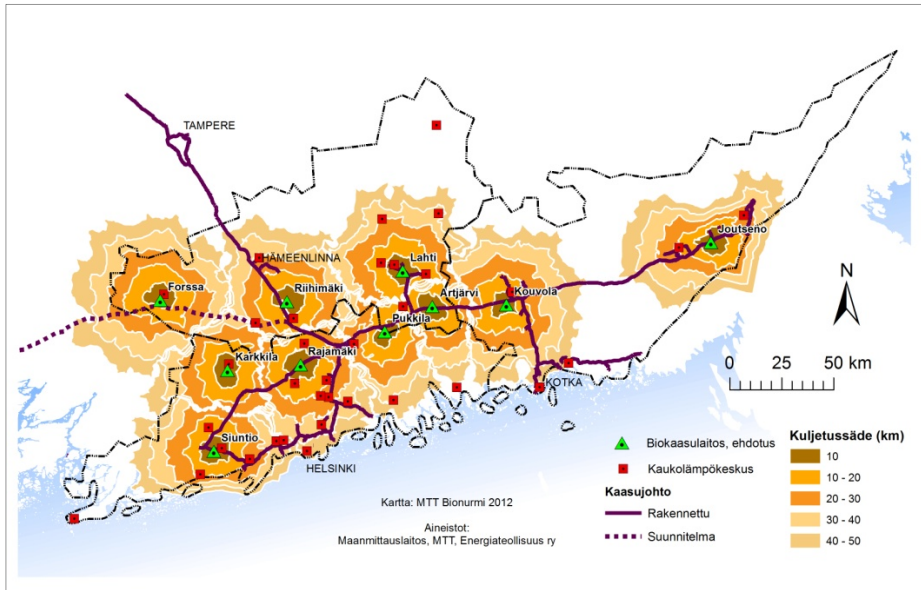
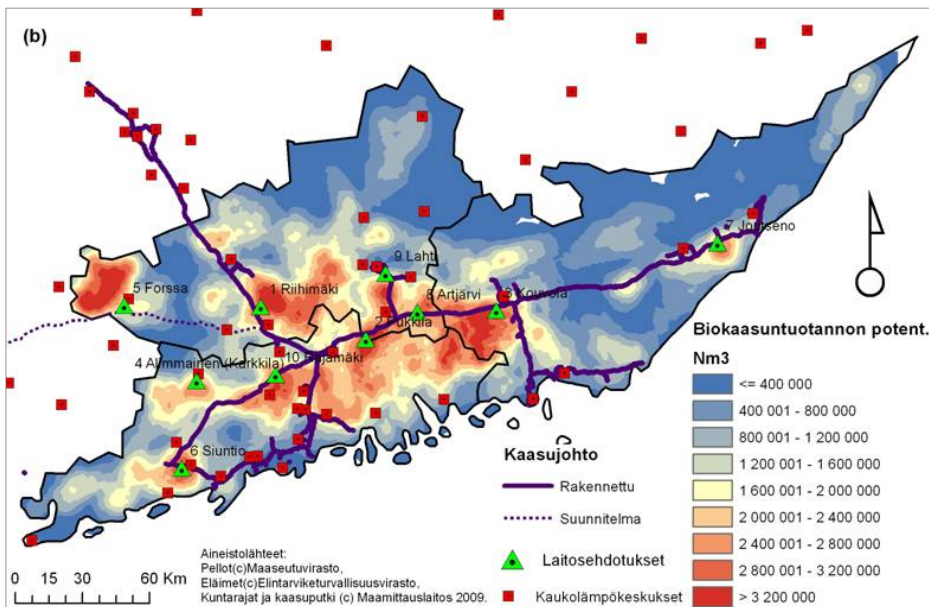
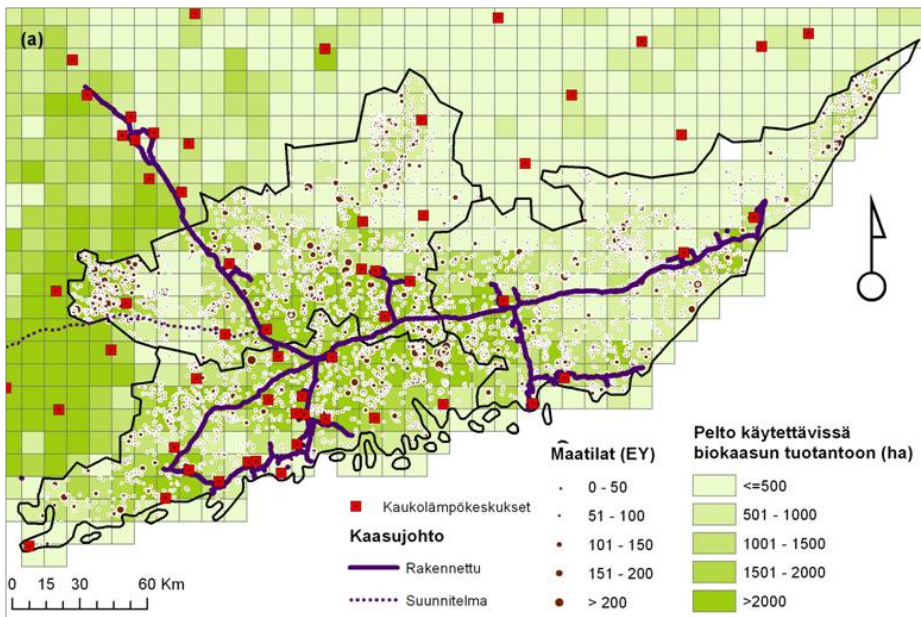
9.4 Biokaasulaitosehdokkaiden valinta ja talouslaskennan syötetietojen laskenta

Nurmiraaka-aineen biokaasupotentiaalia osoittavaa karttaa täydennettiin lisäämällä siihen lannasta saatava biokaasupotentiaali. Potentiaalikartoista valittiin 10 sijaintia biokaasupotentiaalin hotspot-alueilta. Muita biokaasulaitoksen sijaintikriteerejä ovat tieverkon, maakaasuverkon ja lämpöverkon läheisyys (Kuva 61a).

Jokaisen mahdollisen laitossijainnin ympärille muodostettiin nurmen ja lannan keräilyalueita (Kuva 61c). Keräilyalueet muodostuvat vyöhykkeistä, joita syntyy, kun laitokselta kuljetaan tieverkkoa pitkin kaikkiin mahdollisiin suuntiin 10, 20, 30, 40 ja 50 km päähän. Kunkin keräily-alueen biomassat laskettiin yhteen; näin saatiin laitoksen tuotantokapasiteetti (Taulukko 22). Edelleen laskettiin raaka-aineen kuljetusmatkat laitokselle.

Ehdotetut laitospaikat sijaitsevat melko lähellä toisiaan, ja pitemmillä valituilla kuljetusetäisyyksillä biomassan keräilyalueet menisivät jo päällekkäin. Tämä huomioitiin keräilyalueita muodostaessa siten, että alueen keräilyvyöhyke loppuu viimeistään puolessa välissä matkalla kohti naapureina sijaitsevia biokaasulaitoksia. Tilanne muotoutuisi kartan (kuva 61 c) mukaiseksi, jos kaikki laitokset perustettaisiin. Jos vain osa laitoksista perustetaan, laitos voi saada enemmänkin biomassoja käyttöönsä.

Talouslaskennan syötetiedoiksi valittiin kaikki laitokset siten, että ne keräisivät biomassansa 20 km etäisyydeltä. Tällaisten laitosten yhteenlaskettu biometaanipotentiaali olisi 98 milj. Nm³ metaania, joka vastaa 122 MW:n tuotantokapasiteettia. Vertailun vuoksi laskettiin koko tutkimusalueen biometaanipotentiaali, eli tilanne jossa kaikki biokaasuntuotantoon joutava nurmi käytettäisiin biometaaniksi. Koko alueen metaanintuottopotentiali olisi 300 milj. Nm³. Toisin sanoen ehdotetuilla kymmenellä laitoksella ja 20 km kuljetusmatkalla noin kolmannes alueen metaanintuottopotentialista tulisi käytettyä ja hankealueen viljelystä peltoalasta biokaasunurmen tuotannossa olisi noin kymmenesosa. Käytännössä osa nykyisestä kesantoalasta hyödynnettäisiin biokaasunurmen viljelyssä, jolloin vähennys viljelyalassa jäisi alle 10 %:n.



Kuva 61. (a) Laitosehdotukset, maatilat ja pelto käytettävissä biokaasun tuotantoon, (b) Biokaasuntuotannon potentiaali 10 km kuljetussäteellä laskettuna, (c) biomassan korjuualueet (10–50 km).

Taulukko 22. Raaka-aineen saatavuus ja laitoksen tuotantokapasiteetti kuljetusmatkan kasvaessa.

Laitoksen nro, keräyssäde (km)	Peltoala yhteensä (ha)	Raaka-aineet yht. TS (t) ^{1), 2)}	TS nurmi(%)	TS naudantielantanta (%)	TS sianlietantanta (%)	TS hevosenlanta (%)	Metaani yht. (m3)	Tuotantokapasiteetti (MW)
1: 10	5 300	12 125	99.1	0.9	0.0	0.0	3 591 738	4.5
1: 20	18 900	43 085	98.8	1.2	0.0	0.0	12 748 630	15.9
1: 30	31 000	70 923	98.4	1.5	0.1	0.0	20 949 598	26.2
1: 40	42 300	97 817	97.4	2.2	0.4	0.0	28 771 994	36.0
1: 50	51 500	119 258	97.1	2.2	0.6	0.0	35 057 590	43.8
2: 10	4 300	9 898	96.8	3.2	0.0	0.0	2 901 164	3.6
2: 20	14 600	33 374	98.7	1.3	0.0	0.0	9 869 553	12.3
2: 30	27 700	63 177	98.6	1.4	0.0	0.0	18 671 840	23.3
2: 40	35 000	79 744	98.7	1.3	0.0	0.0	23 579 696	29.5
2: 50	40 600	92 580	98.7	1.2	0.0	0.0	27 383 310	34.2
3: 10	4 000	9 145	98.8	1.2	0.0	0.0	2 706 087	3.4
3: 20	16 200	37 150	98.3	1.7	0.0	0.0	10 963 791	13.7
3: 30	34 400	78 318	98.8	1.2	0.0	0.0	23 166 041	29.0
3: 40	48 300	110 041	98.8	1.2	0.0	0.0	32 547 931	40.7
3: 50	56 800	129 775	98.5	1.3	0.1	0.0	38 355 616	47.9
4: 10	4 100	9 286	98.7	1.3	0.0	0.0	2 745 326	3.4
4: 20	11 800	26 854	98.5	1.5	0.0	0.0	7 935 196	9.9
4: 30	20 300	46 123	98.9	1.1	0.0	0.0	13 652 537	17.1
4: 40	21 900	49 774	99.0	1.0	0.0	0.0	14 738 490	18.4
4: 50	22 400	50 856	99.0	1.0	0.0	0.0	15 060 498	18.8
5: 10	3 400	8 191	94.3	3.3	1.1	1.3	2 377 970	3.0
5: 20	17 400	41 537	94.2	1.8	2.8	1.2	12 110 229	15.1
5: 30	30 500	72 423	94.7	1.9	2.8	0.7	21 160 930	26.5
5: 40	32 300	76 576	95.0	1.8	2.6	0.6	22 395 812	28.0
5: 50	32 900	77 786	95.1	1.8	2.6	0.6	22 755 750	28.4
6: 10	5 400	12 229	98.5	1.5	0.0	0.0	3 613 024	4.5
6: 20	14 200	32 046	99.4	0.6	0.0	0.0	9 508 614	11.9
6: 30	24 000	54 316	99.4	0.6	0.0	0.0	16 114 010	20.1
6: 40	30 600	69 185	99.5	0.5	0.0	0.0	20 537 334	25.7
6: 50	34 100	77 293	99.1	0.5	0.0	0.4	22 898 416	28.6
7: 10	4 100	9 653	95.3	2.8	1.7	0.3	2 820 762	3.5
7: 20	8 700	19 986	97.7	1.3	0.8	0.1	5 894 914	7.4
7: 30	14 000	32 293	97.7	1.7	0.5	0.1	9 516 359	11.9
7: 40	18 200	41 959	97.3	2.2	0.4	0.1	12 341 090	15.4
7: 50	23 900	55 834	96.3	2.7	0.9	0.0	16 363 853	20.5
8: 10	4 300	10 005	97.4	2.5	0.0	0.1	2 940 086	3.7
8: 20	13 600	31 143	98.6	0.9	0.4	0.0	9 215 565	11.5
8: 30	21 700	51 149	95.4	1.9	2.6	0.1	14 992 217	18.7
8: 40	28 400	66 416	96.1	1.7	2.2	0.0	19 508 127	24.4
8: 50	31 500	73 812	96.1	1.9	2.0	0.0	21 669 662	27.1
9: 10	2 300	5 230	100.0	0.0	0.0	0.0	1 555 866	1.9
9: 20	10 400	23 827	98.1	1.4	0.5	0.0	7 035 933	8.8
9: 30	22 700	51 931	98.5	0.6	0.8	0.0	15 375 881	19.2
9: 40	31 900	73 316	97.8	1.2	1.0	0.0	21 642 110	27.1
9: 50	37 200	86 176	97.1	1.4	1.5	0.0	25 392 321	31.7
10: 10	5 300	11 864	100.0	0.0	0.0	0.0	3 529 419	4.4
10: 20	18 800	42 607	99.4	0.2	0.4	0.0	12 652 003	15.8
10: 30	32 900	74 358	99.5	0.1	0.4	0.0	22 091 291	27.6
10: 40	42 200	95 380	99.5	0.2	0.3	0.0	28 327 702	35.4
10: 50	47 300	106 809	99.5	0.2	0.2	0.0	31 727 695	39.7

Luvut perustuvat oletamaan että nurmea viljellään 30 %:lla peltoalasta. Tuotetun nurmen määrä on laskettu taulukon 19 mukaisesti.

Lantamäärät on laskettu taulukon 21 mukaisesti.

9.5 Johtopäätökset pellon riittävydestä ja potentiaalista

Valituista sijaintipaikkaehdotuksista voidaan todeta, että nurmirehua raaka-aineenaan käyttävät biokaasulaitokset voisivat Etelä-Suomessa olla teholtaan jopa isompia kuin maamme nykyiset jätteiden käsittelyyn erikoistuneet biokaasulaitokset. Talousosion tarkastelussa todettiin kuitenkin että taloudellisesti optimaalinen laitostekoko nurmea hyödyntävällä laitoksella on 3–6 MW. Ehdotetuista sijaintipaikoista 9 saavutti optimaalisen kokoluokan jo alle 10 km kuljetussäteellä, kun keräilyalueen pelloista 30 % oli biokaasunurmen tuotannossa. Luvut osoittavat, että nurmeen perustuvat biokaasutuotanto voisi toteutua osana viljelykiertoa, mahdollistaen siis myös viljanviljelyn jatkumisen myös biokaasulaitoksen läheisyydessä. Tämä puolestaan mahdollistaisi kierrätysravinteiden tehokkaan hyödyntämisen viljanviljelyn ja biokaasunurmen muodostamassa viljelykierrrossa.

Vaikka kaikkiin ehdotettuihin laitossijaintipaikkoihin tulisi biokaasulaitos, joka hyödyntäisi 20 km säteellä 30 % peltoalasta, vastaisi biokaasunurmella vuosittain oleva ala (43 380 ha) vain noin 61 % hankealueen kesantoalasta (kesannot, luonnonhoitopellot ja viherkesannot yhteensä 71200 ha, ennakkotieto 2014, Tike, Maataloustilastot). Näiden laitosten yhteenlaskettu biometaanipotentiaali olisi 98 milj. Nm³ metaania (980 000 MWh), joka vastaa 122 MW:n tuotantokapasiteettia. Optimaalisia laitossijaintipaikkoja on hankealueella muitakin, kuin Taulukossa 22 ehdotetut paikat. Kun optimi saavutetaan jo noin 1000 nurmihehtaarin alalla, on mahdollista, että biokaasulaitoksia sijoitettaisiin ehdotettua tiheimpään ja pyritään selvästi alle 20 km kuljetussäteeseen.

9.6 Lähteet

Höhn, J., Lehtonen, E., Rasi, S. & Rintala, J. 2014: A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland.–Applied Energy 2014(113)1–10.

10 Nurmibiokaasu kansantalouden näkökulmasta

Esa Aro-Heinilä

Suomen peltoalasta vajaa neljännes, noin 500 tuhatta hehtaaria, on nykyisen elintarvikeomavaraisuuden puitteissa ylijäävää peltoalaa, jolla voitaisiin tuottaa kasvimassaa energiantuotantoon. Liikenteen polttoaineet ovat energiakulutusmuodoista vaikeimmin korvattavia ja samalla niiden kuluttajahinta on energia-tuotteista korkein.

Tämä asetelma tekee nurmipohjaisen biometaanin tuotannon tutkimisen arvoiseksi vaihtoehdoksi. Kotimaisen elintarvikekäytön ylijäävällä peltoalalla voitaisiin tuottaa noin 20 prosenttia Suomen noin 50 TWh:n liikennepolttoaineiden vuosittaisesta tarpeesta. Kysymys kuuluu, millä kustannuksilla tämä olisi toteutettavissa.

Yleistyäkseen nurmipohjainen liikennebiometaani vaatii alkuvaiheessa suoraa tuotantotukea. Investointituki ei juuri paranna nurmipohjaisen tuotannon kannattavuutta, koska merkittävä osa kustannuksista muodostuu itse nurmen tuotannosta aiheutuvista kustannuksista, jotka ovat jatkuvia eikä näihin voi juuri investointituella vaikuttaa.

Ehdotettu tuotantotuen taso on alkuvaiheessa 50 €/MWh, joka laskee asteittain biometaanin markkinaosuuden kasvaessa. Tuotantotuki nurmipohjaiselle biometaanille voidaan toteuttaa asteittain alanevana, koska alan kannattavuus paranee markkinaosuuden kasvaessa. Tämä johtuu kolmesta tekijästä: 1) Tankkauskustannusten laskusta, 2) biometaanin kuluttajahinnan noususta lähelle muiden liikennepolttoaineiden hintoja ja 3) sarjatuotannon tuomista eduista.

Jos suoran tuotantotuen kustannusvaikutukset kohdennetaan saastuttaja maksaa –periaatteen ohjaamana fossiilisten liikennepolttoaineiden hintoihin, bensiinin ja dieselin arvonlisäveroton hinta nousee ylimmillään noin 3 snt/litra.

Suurin kustannusvaikutus muodostuu biometaanin polttoaineverovapaudesta. Vaikutuksen suuruus riippuu suoraan biometaanin liikennekäytön osuudesta. Yhden prosentin käyttöosuudella, polttoaineverotulojen vähenemä on marginaalinen. 20 prosentin käyttöosuuden kohdalla verotulojen vähenemä on yhteensä lähes 900 miljoonaa euroa, mikä vastaa noin 2,2 prosenttia valtion verotuloista. Fossiilisten liikennepolttoaineiden hintoihin kohdennettuna polttoaineverotulojen vähenemä lisää bensiinin ja dieselin arvonlisäverotonta hintaa 1–17 senttiä litraa kohden biometaanin käyttöosuudesta riippuen.

Liikennebiometaanin tuotannon vaikutus vaihtotaseeseen on tätä vastoin positiivinen. Nettovaikutus peltohehtaaria kohden on korvaavien ja korvattavien tuotteiden hinnoista riippuen 350–800 euroa. Biometaanin yhden prosentin osuus liikennepolttoaineiden käytöstä aiheuttaa tuotteiden oletushinnoilla noin 14 miljoonan euron positiivisen vaikutuksen vaihtotaseeseen. 20 prosentin biometaanin käyttöosuudella vaikutus olisi jo 288 miljoonaa euroa.

Huomattavaa on että biometaanin tuotannon vaikutusta valtion verotuloihin ja Suomen vaihtotaseeseen ei tule nähdä millään tavalla rinnasteisina. Verot ovat maan sisäisiä tulonsiirtoja, kun taas vaihtotase mittaa hyödykkeiden ulkomaankaupan tasetta, mikä on ulkomaille myytyjen tavaroiden ja palveluiden arvo verrattuna ulkomailta ostettujen tuotteiden arvoon nähden.

Kokonaisuutena on nähtävissä, että nurmipohjaiseen biometaaniliikennetalouteen siirtyminen on kustannusvaikutuksiltaan maltillinen. Polttoaineverojen vähenemän osalta voidaan katsoa, että polttoaineverotus on valtaosin luonteeltaan haittavaeroa, joten biometaanin aiheuttamaa kustannusvaikutusta voidaan pitää puhtaamman teknologian hintana.

Kannattaako tälle tielle lähteä, kannattaako metaanin tuotantoon, siirto- ja jakelujärjestelmiin sekä kulu-tukseen liikenteessä panostaa? Erilaisia visioita tulevaisuuden energiahuollosta on useita, eikä Suomen kokoisella kansantaloudella ole varaa veikata jokaista voittajaehdokasta.

Selvää on että päällekkäisten teknologioiden rakentaminen aiheuttaa turhia kustannuksia. Nestemäisten polttoaineiden käyttö on huomattavasti edullisempaa, etenkin Suomen kaltaisessa harvaan asutussa maassa. Yhtäältä voi argumentoida, ettei tämän kokoisen maan valinnoilla ole juuri merkitystä maailman ym-

päristön tilaan. Panostukset puhtaampaan ympäristöön kannattaa tehdä siellä missä vaikuttavuus on suurin. Metaaniin perustuvan infrastruktuurin rakentaminen on kallista, positiiviset ympäristövaikutukset jäävät globaalisti tarkasteltuna olemattomiksi ja kustannukset vain heikentävät kansainvälistä kilpailukykyämme.

Toisaalta, kiinnostavaksi asian tekee viime aikoina esitetty visio synteettisen metaanin tuotannosta tuuli- ja aurinkoenergian tuotannon vaihtelusta aiheutuvan ylijäämäenergian varastointiin. Tällöin biometaanille rakennettu infrastruktuuri palvelisi tulevaisuudessa kehittyvää, aurinko- ja tuulivoimalla tuotetun, synteettisen metaanin jakelua ja käyttöä.

Ympäristöteknologia on niitä harvoja tuotannonaloja, joiden merkitys tulevaisuudessa mitä ilmeisimmin vain kasvaa. Jotta teknologiaa voidaan kehittää Suomessa, se vaatii vahvojen kotimarkkinoiden luomista. Jos metaaniin perustuva energiajärjestelmä on voittajien joukossa, siihen kannattaa panostaa. Biometaanin on osa tätä kokonaisuutta. Merkittävää ympäristövaikutusta ei tule metaanin kotimaisen käytön korvatesa fossiilisia, vaan kerrannaisvaikutuksena teknologian ja osaamisen maailmanlaajuisen leviämisen myötä, samalla kun turvataan Suomen kansantalouden kilpailukykyä tulevaisuuteen.

”Merkittävää ympäristövaikutusta syntyy kerrannaisvaikutuksena teknologian ja osaamisen maailmanlaajuisen leviämisen myötä, samalla kun turvataan Suomen kansantalouden kilpailukykyä tulevaisuuteen.”



11 Tulevaisuuden mahdollisuudet – ehdotukset jatkohankkeiksi

Arja Seppälä, Pellervo Kässi, Heikki Lehtonen, Esa Aro-Heinilä, Oiva Niemeläinen, Eeva Lehtonen, Jukka Höhn, Tapio Salo, Marjo Keskitalo, Matts Nysand, Erika Winquist, Sari Luostarinen ja Teija Paavola

11.1 Nurmirehun arvokomponenttien erottaminen ennen biokaasuprosessia

Suomalaisessa nurmisäilörehussa on keskimäärin valkuaisista 150 g/kg ka ja maitohappoa 45 g/kg ka, muita käymishappoja 13 g/kg ka, sokereita 61 g/kg ka, fosforia 2,8 g/kg ka, potentiaalisesti sulavaa kuitua 462 g/kg ka, kun kuitua (NDF) on 541 g/kg ka (Salo ym. 2014, Nyholm ym. 2014). Valkuaisesta jopa 67 % voi olla varsin helposti erotettavassa muodossa, eli aminohappoina, peptideinä ja liukoisena valkuaisena (Choi et al.2003). Myös käymistuotteet ja sokerit ovat liukoisia ja säilörehun puristeneen ympäristövaikutusten perusteella tiedämme myös, että fosforin liukoisuus säilörehussa on korkea. Valkuainen, maitohappo, sokerit ja fosfori ovat arvokkaita kotieläinten ruokinnassa, sen sijaan niiden arvo biokaasuprosessissa perustuu yksinomaan niiden energiasisältöön. Tutkimusta tulisi suunnata yksinkertaiseen fraktiointiin, jossa tavoitteena on sikojen liemirehuruokintaan soveltuva nestejäte kiintoaineksen jäädessä biokaasuprosessin syötteenä. Todennäköisesti varsin yksinkertainen – jopa tilaolosuhteissa toteutettavissa oleva prosessi riittäisi tähän tarkoitukseen. Tavoitteena on fraktioinnin avulla parantaa sikatilojen valkuaisomavaraisuutta ja pienentää tiloille kertyvää fosforiylijäämää. Mahdollisesti prosessoinnin avulla tuotettu uusi rehukomponentti voisi olla myös luomukelpoinen uusi valkuaisrehu. Säilörehun fraktiointiin liittyen on tehty esiselvityshanke Valion ja TEKES:n rahoituksella (<http://www.ibcfinland.fi/projects/protein-feed-from-grass-silage-b/>) ja useita rahoitushakemuksia on valmisteilla kansallisiin ja kansainvälisiin rahoitushakuihin.

11.2 Investointikustannusten pienentäminen

Nurmibiokaasun tuotantokustannuksesta noin 1000 nurmihehtaarin kokoluokassa 28 % on biokaasulaitoksen pääomakustannusta, josta noin puolet on biokaasulaitoksen kustannusta ja toinen puoli kaasunjalostusta. Nurmisäilörehu on biokaasulaitoksen syötteenä biologisesti ja teknisesti haasteellisempi materiaali kuin esim. maissisäilörehu. Maissisäilörehu hydrolysoituu nurmisäilörehua helpommin, jolloin nurmisäilöhulle ominaista kellumista ja hidasta hajoamista ei maissiprosesseissa tapahdu. Erityisesti korsiintunut nurmirehu voi osoittautua hankalaksi märkäprosessissa. Nestefaasin sekoituksessa tehontarve kasvaa, jos kuitua kertyy reaktoriin ja reaktorisäilyksen kuiva-ainepitoisuus nousee. Tämän ongelman välttämiseksi on ehdotettu mm. kuituisen nurmirehun voimakasta esihienontamista, mikä sekkin lisää prosessin sisäistä energiankulutusta. Vaihtoehtoksi märkäprosessille on ehdotettu kuivaprosessia, jossa prosessin kuiva-ainepitoisuus on tarkoituksella korkea ja hajoamista edesautetaan esimerkiksi kierrättämällä mikrobeja sisältävää nestettä kiinteän säilörehufaasin läpi. Tällainen reaktori voisi tehostaa monien nykyisin hyödyntämättömien biomassojen energiasisällön hyödyntämistä (esim. luonnonhoitopeltojen korsiintuneet biomassat, kuivalannat, olki, tienvierien niittojätteet, järviruoko). Kuivaprosesseja on useanlaisia kehitteillä ja niitä toivottavasti voidaan ottaa jatkossa käyttöön erilaisiin käyttötarkoituksiin ja eri laitoskokoluokkiin. Kuivaprosessissa reaktori on myös mahdollista toteuttaa siten, että se mahdollistaa pitkän (jopa yksi vuosi) täyttövälän, jolloin laitoksen hoitotyö minimoituu. (haastattelu Erkki Kalmari, Metener).

Biokaasuprosessin tekniseen toimivuuteen liittyvien haasteiden voittaminen on keskeinen kehityskohde, mikäli halutaan luoda biokaasulaitoksia hyödyntämään runsaskuituisia biomassoja. Luottamuksen puute tekniseen toimivuuteen on yksi merkittävä hidaste toiminnan yleistymisessä. Teknisen kehityksen ohella

pitää pyrkiä pienentämään pääomakustannuksen osuutta, joka erityisesti pienessä yksikössä nousee koh- tuuttomaksi.

MTT Sotkamossa tänä kesänä rakennettava moderni, kuivamädätysteknologiaan perustuva biokaasulaitos käyttää syötteenä ensisijaisesti peltobiomassaa. Laitos rakentuu moduleista, siihen voidaan liittää yritysten kehitteillä olevia laitteita ja se on muutenkin suunniteltu tuotekehityskäyttöön. Hanke toimii esimerkkinä uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisestä.

11.3 Käsittelyjäännöksen ravinteiden tuotteistamista tulee edistää

Biokaasuntuotantoon liittyy paljon logistiikkaa, sekä nurmirehun kuljetusta laitokselle että käsittelyjään- nöksen palauttamista peltoviljelyyn. Kumpaankin suuntaan liikkuu merkittävä määrä vettä sitoutuneena biomassaan. Tämän hankkeen laskelmissa on oletettu, että laitoksella ei lisätä prosessiin vettä, vaan sitä pystytään tehokkaasti kierrättämään laitoksen sisällä.

Talouseläimissä nurmibiokaasun tuotantokustannuksesta 1000 ha -laitoskokoluokassa noin 56 % muo- dostui nurmibiomassan hankinnasta. Nurmibiomassaan liittyvistä kustannuksista puolestaan 21 % muo- dostui käsittelyjäännöksen logistiikasta ja levityksestä (15 % separoinnin nestejakeesta ja 6 % kuivaja- keesta). Mikäli käsittelyjäännöksen ravinteet pystyttäisiin kokonaisuudessaan tuotteistamaan ja myymään, käsittelyjäännöksen kuljetuksen ja levityksen kustannuksilta olisi mahdollisuus välttyä, mikä siis vastaa liki 12 % nurmibiokaasun tuotantokustannuksesta. Lisäsäästöjä voisi olla saavutettavissa, mikäli käsitte- lyjäännöksen talvivarastojen kokoa voitaisiin lisäksi tuotteistamisen kautta pienentää. Käsittelyjäännök- sen siirtoon ja levitykseen liittyy myös paljon säärisiä, johon laitos joutuu varautumaan esim. ylimääräi- sellä varastokapasiteetilla.

Ravinteiden talteenottoon on jo olemassa lukuisia ratkaisuja, mutta niiden laajamittainen käyttöönotto on vasta edessä ja toisaalta nämä ratkaisut vaativat lisäinvestointeja, jotka puolestaan kohottavat pääomakus- tannusta. Tavoitetilana voidaan esittää, että ainakin osa nurmibiokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen ve- destä voitaisiin puhdistaa niin puhtaaksi, että se voidaan laskea vesistöön.

Nurmibiokaasulaitosten ravinteiden tuotteistamista jatkohankkeistetaan sekä kuiva- että nestejakeen pro- sessointimenetelmien osalta. Jäännöksen taloudellisesti mielekäs kuljettaminen alueille, joilla niille on tarvetta, edellyttää jäännöksen konsentroitua ravinnepitoisuuksien suhteen prosessoinnin avulla. Nesteja- keessa laimeana pitoisuutena oleva tyyppi voidaan jalostaa konsentroiduksi typpilannoitteeksi. Kuivaja- keen sisältämän fosforin tuotteistamisessa tehdään kehitystyötä erityisesti lämpökemiallisten menetelmien parissa. Biojalostamon tuottamat lannoitteet tulee tuotteistaa ja ominaisuudet optimoida maatalouden tarpeiden näkökulmasta.

11.4 Biomassa-Atlas – Biomassojen kestävä käytön ja suunnittelun työkalu

Bionurmi-hankkeessa kehitettyä biomassojen paikkatietopohjaista arviointimenetelmää voidaan hyödyn- tää Biomassa-atlas-hankkeessa.

Biomassa-Atlas on konsepti avoimesta tietokannasta, jossa valtakunnalliset tiedot erilaisten biomassojen saatavuudesta, määrästä ja sijainnista esitetään paikkatietoon sidotussa visuaalisessa laskennan ja mallin- nuksen mahdollistavassa muodossa.

Biomassa-atlas edistää biomassoja koskevan luonnonvara- ja ympäristötiedon hyödyntämistä. Erilaisia maatalouden, metsien, vesistöjen ja yhdyskuntien biomassoja koskevia tietoja kootaan, lasketaan ja arvi- oidaan nykyisin tutkimuslaitoksissa useissa eri hankkeissa, mutta massojen kaupallisen hyödyntämisen tai investointien tueksi olevaa paikkatietoon sidottua biomassatietoa ei ole toimijoiden käytössä eikä tutki- muksen tuloksia hyödynnetä täysimääräisesti. Lisäksi lähtöaineistojen ja laskentaperiaatteiden hetero- geenisuus sekä tarkan, kansallisesti kattavan biomassapaikkatiedon puute vaikeuttavat analyysitulosten vertailemista, biomassojen kehityksen seuraamista sekä tietoon pohjautuvaa päätöksentekoa.

Maa- ja Metsätalousministeriön (MMM) rahoittama Biomassa-Atlas -esiselvityshanke käynnistyi helmi- kuussa 2014. Hanketta toteuttavat Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT), Metsätalouden

kehittämiskeskus Tapio, Suomen ympäristökeskus (Syke), Metsäntutkimuslaitos (Metla), Itä-Suomen yliopisto ja Vaasan yliopiston Levón-instituutti. Hankkeessa tullaan tekemään lisäksi yhteistyötä Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Riista- ja Kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) kanssa.

Selvityshankkeen tavoitteena on luoda perusta tietokannan ja karttaliittymän toteuttamiselle kartoittamalla olemassa olevat aineistot ja niiden kehittämistarpeet, sekä alan toimijoiden tarpeet. Esiselvityshankkeen sisältää kolme teemaa, joiden tulokset kootaan loppuraporttiin marraskuussa 2014. Teemat ovat:

1. Tietosisällöt – Kuvataan olemassa olevat tietokannat, niiden tietosisällöt, tiedonkeräysmenetelmät sekä harmonisointitarpeet. Lisäksi selvitetään aineistojen saatavuuteen liittyvät kehittämistarpeet. Toteutetaan yhteistyössä hankeryhmän ja biomassadatan tuottajien kesken. Keskeisiä biomassaa-aineistoja ovat muun muassa Metlan VMI-aineisto, GTK:n turvevarojen tilinpitopalvelu sekä Maaseutuviraston ja Eviran pelto- ja eläinrekisteritiedot ja jätteitä koskeva Vahti-tietokanta.

2. Sidosryhmät – Tunnistetaan tärkeimmät toimijaryhmät (katto- ja etujärjestöt) sekä biomassojen potentiaaliset käyttäjät; toimijoiden tavoite- ja tarvekartoitus. Toteutetaan sidosryhmien kanssa järjestettävänä työpajoina ja internet -kyselyinä.

3. Tiekartta – Selvitetään toteutusvaihtoehdot toiminnallisen internet -karttasovelluksen perustamiseksi. Tiekartta sisältää tekniset määrittelyt ja ehdotuksen toteutuksen vastuutahoista.

Tässä vaiheessa meneillään on siis vasta esiselvityshanke ja varsinaisen Biomassa Atlaksen luomisesta ei vielä ole päätetty.

11.5 Säilörehusadon vaihteluun varautuminen rehusäilöntää kehittämällä

Huolimatta valtavasta ylimääräisestä nurmirehuntuotantopotentiaalista, jo hieman tavallista kuivempi kesä voi johtaa paikalliseen niukkuuteen rehusta. Nurmirehukauppaa käydään lähinnä paalirehulla, jonka hintaa nostaa yksittäisten paalien kääriminen muoviin. Toinen haaste on se, että tyypillisesti erityisesti ylivuotinen paalirehu on laadun osalta arvoitus, koska jo pienet reiät paalimuovissa johtavat rehun pilaantumiseen. Näin ollen ylimääräisen rehun varastointi yksittäisissä paaleissa huonon vuoden varalle ei käytännössä ole osoittautunut kovinkaan varmaksi ratkaisuksi.

Nykytilanteessa, kun nurmirehun tuotanto ei ole kovin intensiivistä, rehtarpeeseen voidaan reagoida vielä kesken kasvukautta esim. lisäämällä lannoitusta, tai korjaamalla tarvittaessa jopa luonnohoitopeltojen kasvusto rehuksi, jos on ennakoitavissa, että rehusta tulee puutetta. Mikäli tämä puskuri olisikin jo valmiiksi laskettu biokaasulaitoksen raaka-aineeksi, tulee heikkoihin satovuosiin varautua muilla keinoin, ensisijaisesti pitämällä aina jonkin verran ylimääräistä rehua varastossa – eli ylilimitoittamalla siilokapasiteetti.

Myös nurmibiomassan siirrettävyyttä ja markkinakelpoisuutta voidaan kehittää. Tämä puolestaan voisi edistää myös kaukana biokaasulaitoksesta olevien esim. suojavyöhykkeiden nurmisadon hyödyntämistä. Yhtenä ratkaisuna tähän on esitetty kanttipaalien aumaamista, jolloin muovinmenekkiä voidaan olennaisesti pienentää. Menetelmään liittyy kuitenkin haasteita, eikä siitä ole riittävästi tutkimustuloksia. Satotason vaihteluihin varautuminen myös parantaa maataloutemme mahdollisuuksia sopeutua ilmastonmuutoksen mukanaan tuomiin muutoksiin

11.6 Biologisen typensidonnan hyödyn kohdentaminen mädätysjäännöksen kautta

Biologisen typensidonnan avulla nurmista voidaan saada suuria satoja ilman merkittävää typpilannoitusta. Tämä biologisesti sidottu typpi on mädätyksen jälkeen käytettävissä typpilannoitteen kasveille, joilla ei ole biologista typensidontaa. Biokaasuprosessin sivutuotteena tuotettu kierrätysravinne siis mahdollistaa biologisen typensidonnan vaikutuksen nykyistä laajemman hyödyntämisen, eli hyöty ei rajoitu siihen lohkoon, jossa typensitojakasvia on viljelty. Biokaasulaitosten avulla voidaan merkittävästi lisätä biologisesti sidotun typen käyttöä suomalaisessa kasvintuotannossa ja vähentää fossiiliseen energiaan perustuvaa lannoitteiden käyttöä. Tällä on myös suotuisat vaikutukset kasvintuotannon kasvihuonekaasutaseeseen.

Kasvihuonekaasutaselaskelmia tulisi tuottaa erilaisiin biokaasuntuotannon ja kasvinviljelytuotannon yhdistelmiin.

11.7 Nurmibiokaasun brändääminen osana tuotantokonseptia, lisäarvoa kuluttajalle

Uudenlaiseksi avaukseksi uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseksi ehdotetaan toimintamallia, jossa biokaasuntuotantoon ja kierrätysravinteiden käyttöön sitoutuneet yritykset muodostavat liiketoiminnallisen kokonaisuuden, joka brändää tuotantotavan (luomutuotannon tyyppisesti) ”ekologiseksi” tuotannoksi, joka edistää päätuotteen myyntiä ja hintaa. Raaka-aineen tuottajat saisivat viljasta tai lihasta ao. sopimus-kumppanilta hieman korkeamman hinnan ja leipomo/lihanjalostamo voisi erottua markkinoilla uusiutuvaa energiaa ja ravinteiden kierrätystä hyödyntävänä yritykseksensä. Konseptin pilotointi, joka sisältäisi ao. liiketoimintakokonaisuuden kehittämistä ja sen markkinointia, voisi olla sopiva aihe uudeksi hankkeeksi tulevilla hakekaudella.

11.8 Viljelykiertovaikutusten selvittäminen tietokantojen avulla

Bionurmi-hankkeessa selvitettiin nurmen roolia viljelykierrossa hyödyntäen MAVI:n lohkotietopankkiai-neistoa. Kehitettyä toimintamallia on tarkoitus hyödyntää edelleen tulevissa hankkeissa siten, että lohko-tietopankista etsitään tietynlaisen viljelyhistorian omaavat pellot, joille tutkittavat käsittelyt ja näyt-teenotot kohdistetaan.

11.9 Lähteet

- Choi, C.-W., Vanhatalo, A. & Huhtanen, P., 2003. Effects of type of grass silage and level of concentrate on the flow of soluble non-ammonia nitrogen entering the omasum of dairy cows. *J. of Anim. feed Sci.* 12, 3-22.
- Nyholm, Laura, Korhonen, Mikko, Seppälä, Arja, Kaseva, Janne, Rinne, Marketta. 2014. Nurmisäilörehujen laatu Suomessa. In: Maataloustieteen Päivät 2014, 8.-9.1.2014 Viikki, Helsinki : esitelmä- ja posteritivistelmät / Toim. Risto Kuisma, Nina Schulman, Hanna-Riitta Kymäläinen ja Laura Alakukku. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 31: p. 95.
- Salo, Tapio, Eurola, Merja, Rinne, Marketta, Seppälä, Arja, Kaseva, Janne, Kousa, Tarja. 2014. The effect of nitrogen and phosphorus concentrations on nutrient balances of cereals and grass silage. *MTT Report 147*: 36 p. [pdf]

12 Hankkeen julkaisut

12.1 Esitykset netissä:

Biokaasupäivä 18.10.2013 Hyvinkää <http://www.uusimaaseutu.fi/biokaasupaiva.asp>

Esitykset nauhoitettiin ja ovat lisäksi pdf-muodossa em. osoitteessa.

- Arja Seppälä. Nurmirehusta biokaasua, minkälaisesta toiminnasta on kyse?
- Heikki Lehtonen. Kiinnostaako biokaasunurmen tuotanto viljatilaa? Millaiset maatilat voivat hyötyä nurmen viljelystä biokaasuksi?
- Esa Aro-Heinilä. Kannattavan liikennebiokaasutuotannon edellytykset Uudellamaalla.
- Marjo Keskitalo. Säästääkö monipuolinen viljelykierto tuotantopanoksia ja energiaa?

Bionurmi-hankkeen loppuseminaari, Nurmesta biokaasua liikennepolttoaineeksi? 13.3.2014 Säätytalo, Helsinki. Esitysmateriaalit löytyvät osoitteesta www.mtt.fi/bionurmi

- Miksi juuri nurmisäilörehu olisi sopiva liikennepolttoaineen raaka-aine? Tutkija Arja Seppälä, MTT
- Nurmi viljelykierrossa ja viherkesantojen ja luonnonhoitopeltojen biomassan biokaasun syötereusurssina, Erikoistutkija Oiva Niemeläinen, MTT
- Biokaasunurmituotannon taloudellinen kiinnostavuus viljelijän näkökulmasta, Professori Heikki Lehtonen, MTT
- Viljelijöiden terveiset päättäjille, Tutkija Pellervo Kässi, MTT
- Miltä talousluvut näyttävät, tuleeko nurmesta liikennepolttoainetta? Tutkija, Esa Aro-Heinilä, MTT

12.2 Kirjalliset julkaisut

Bionurmi -Hanke-esitys

Seppälä, A. 2011. Urakoitsijakyselyn tuloksia: Kapasiteettia riittää uusille asiakkaille. Maito ja me 23, 2. 28–29

Ojala Niina 2011. Nurmirehujen markkinat : Nurmirehujen hinnoitteluperiaatteet ja nurmenkorjuu-urakoitsijoiden hinnoittelun ja sopimuskäytännöt. AMK-Opinnäytetyö, HAMK.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011112415401>

Seppälä, A., Kässi, P., Paavola, T. 2011. Nurmen mahdollisuudet polttoaineen lähteenä ovat kasvussa. Maaseudun Tiede 68, 3(24.10.2011). 3.

Seppälä, A., Ojala, N., Kässi, P., Aro-Heinilä, E. & Paavola, T. 2012: Nurmirehujen hankinta biokaasulaitoksen syötemateriaaliksi. Maataloustieteenpäivät 2012 (sähköinen julkaisu: <http://www.smts.fi/mtpjul2012.html>)

Kässi, P., Seppälä, A. 2012. Production cost of excess silage for bioenergy in Finnish cattle farms. In: Proceedings of the XVI international silage conference, Hämeenlinna, Finland, 2–4 July 2012 / Edited by K.Kuoppala, M.Rinne and A.Vanhatalo. Jokioinen, Helsinki: p. 462–463.

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi_web_service/xvi_international_silage_conference/ISC2012_Proceedings_5July2012.pdf

Niemeläinen, O., Jauhainen, L., Keskitalo, M., 2012. Nurmet ovat samoilla lohkoilla lähes vuodesta toiseen. Maaseudun Tiede 3(22.10.2012): 12.

http://issuu.com/mttelo/docs/mtiede_3_2012?mode=window&backgroundColor=%23222222

Keskitalo, M., Jauhainen, L., Niemeläinen O. 2013. Kasvinviljelytilan nurmiala riippuu tilan koosta. Käytännön Maamies 6/2013. pp. 36–39.

Niskala, L. 2013. Bionurmen ravinnetaset. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Mustiala 8.5.2013. 32 p.

Seppälä, A., Kässi, P., Ervasti, S., Kuoppala, K., Sormunen-Cristian, R., Särkijärvi, S., Heikkilä, T., Luostarinen, S. and Rinne, M. 2013: Biochemical methane potential of timothy, tall fescue and red clover silages harvested at different stages of maturity. In: Helgadóttir, Á. and Hopkins, A. (Eds.) The Role of Grasslands in a Green Future, Threats and Perspective in Less Favoured Areas. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland 23–26 June 2013. pp. 525–527.

Seppälä, A. ja Kässi, P. 2014. Nurmesta biokaasua. Käytännön maamies 1/2014.

Winqvist, E. ja Seppälä, A. 2014. Bionurmi-hankkeen loppuseminaarissa myönteinen viire nurmibiokaasulle. Biokaasu-lehti 1/2014.

Seppälä, A., Lehtonen, H., Winqvist, E., Lehtonen, E. ja Aro-Heinilä, E. 2014. Lappeenrannassa mietittiin nurmibiokaasun mahdollisuuksia. Maaseudun tiede 1/2014, s. 9.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI 151

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

