

# Orgaanisten lannoitteiden hiilisyöte ja lannoitusvaikutus nurmen perustamis- ja satovuosina

Maarit Termonen<sup>1</sup>, Arja Mustonen<sup>1</sup>, Katja Alhonoja<sup>2</sup>, Kirsi Järvenranta<sup>1</sup> ja Mari Rätty<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Tuotantojärjestelmät, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

<sup>2</sup>Gasum Oy, Revontulenpuisto 2 C, 02100 Espoo

e-mail: maarit.termonen@luke.fi

Orgaanista voimaa peltoon ja parteen (OrVo) -hanke toteutti Luke Kuopio Maaningan toimipaikassa 2020–2021 ruutukokeen, jossa tutkittiin Gasum Oy:n orgaanisten lannoitteiden hiilisyötettä ja lannoitusvaikutusta verrattuna Luke Maaningan biokaasulaitoksen (ainoa syöte naudon liete) käsittelyjäännökseen sekä mineraalityyppeen. Vuonna 2020 koekasvina oli puitu ohra, ja vuonna 2021 ohran alle perustettu timotei-nurminataseos, joka korjattiin kaksi kertaa kesän aikana. Keväällä 2020 ohran lannoitteina käytettiin Vehmaan konsentraattia (4.8 t ha<sup>-1</sup>; liukoinen tyyppi 103 kg ha<sup>-1</sup>) sekä Turun konsentraattia, johon levityksen helpottamiseksi sekoitettiin 15 % vettä (10.2 t ha<sup>-1</sup>; liuk. N noin 59 kg ha<sup>-1</sup>). Luken käsittelyjäännöstä levitettiin 36.4 t ha<sup>-1</sup> (liuk. N 69 kg ha<sup>-1</sup>). Mineraalityppeä ei lisätty. Keväällä 2021 nurmen ensimmäiselle sadolle käytettiin uudelleen Vehmaan konsentraattia (3.7 t ha<sup>-1</sup>; liuk. N 81 kg ha<sup>-1</sup>) sekä Luken käsittelyjäännöstä (36.8 t ha<sup>-1</sup>; liuk. N 81 kg ha<sup>-1</sup>), mutta Turun konsentraatti korvattiin Honkajoen käsittelyjäännöksellä (15.9 t ha<sup>-1</sup>; liuk. N 73 kg ha<sup>-1</sup>). Orgaanisten lannoitteiden tyyppi täydennettiin mineraalityypellä (30 kg N ha<sup>-1</sup>) ja toinen sato lannoitettiin mineraalilannoitteilla (80 kg N ha<sup>-1</sup>). Vuonna 2020 käsittelyjä verrattiin 80 kg N ha<sup>-1</sup> mineraalityypilannoitukseen ja vuonna 2021 mineraalityypilannoitukseen, joka sai 100 kg N kummallekin sadolle. Viljasato (15 % kosteus) oli orgaanisilla lannoitteilla 3420–4470 kg ha<sup>-1</sup> ja mineraalityypellä 4040 kg ha<sup>-1</sup>. Vehmaan konsentraatti sisälsi enemmän liukoista tyyppiä ja tuotti korkeamman sadon kuin muut orgaaniset lannoitteet. Ensimmäinen nurmisato oli orgaanisilla lannoitteilla 4780–4930 kg ka ha<sup>-1</sup> ja toinen 2910–2980 kg ka ha<sup>-1</sup>. Mineraalityypilannoitus tuotti 1. sadossa 4470 kg ka ha<sup>-1</sup> ja 2. sadossa 3100 kg ka ha<sup>-1</sup>. Orgaanisten lannoitteiden lannoitusvaikutus on mineraalilannoitusta pitkäkestoisempi maassa mineralisoituvan kokonaistypen vuoksi. Satomäärissä tämän suuntainen ilmiö oli nähtävissä, mutta sadot eivät nurmivuonna poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Luken käsittelyjäännöksen hiilisyöte oli molempina vuosina yli 600 kg ha<sup>-1</sup>. Turun konsentraatti sisälsi paljon hiiltä, ja sen hiilisyöte oli matalasta levitysmäärästä huolimatta 444 kg ha<sup>-1</sup>. Vehmaan konsentraatin hiilisyöte jäi alle sadan kilon, ja Honkajoen käsittelyjäännöksen hiilisyöte oli noin 130 kiloa. Kaikki käytetyt orgaaniset lannoitteet toimivat lannoitteina hyvin. Hiilisyötteen määrä vaihteli. Näin lyhyessä kokeessa hiilen kertymistä maahan on epätodennäköistä todentaa maanäytteistä. Konsentraattien kuljettaminen pitempiä matkoja on lietteen kuljetusta kustannustehokkaampaa. Käytännössä niitä ei ole useinkaan tarkoituksenmukaista levittää yksinään matalan levitysmäärän ja mahdollisten juoksevuusongelmien vuoksi, vaan ne kannattaa sekoittaa lietteeseen tai toiseen orgaaniseen valmisteeseen.

*Avainsanat:* käsittelyjäännös, nurmi, ohra, tyypilannoitus

## Johdanto

Ravinteiden tehokas kierrätys ruoantuotannossa on noussut viime aikoina entistäkin tärkeämmäksi päämääräksi, paitsi ympäristönäkökulman myös kansallisen huoltovarmuuden vuoksi. Valtaosa maatalouden tyypilannoituksesta (65 % v. 2015) on peräisin epäorgaanisista lannoitteista, ja vain murto-osa orgaanisista lannoitteista on jotakin muuta kuin prosessoimatonta lantaa (Marttinen ym. 2017). Prosessointi, mm. ravinnepitoisten konsentraattien valmistaminen, mahdollistaa ravinteiden kuljettamisen kauemmas niiden syntysijoilta tai esimerkiksi liukoisen typen levitysmäärän nostamisen, jos tyyppi saadaan erilleen levitysmääriä usein rajoittavasta lannan tai jalostamattoman kierrätyslannoitteen fosforista. Biojätteiden, puhdistamolietteiden sekä metsä- ja elintarviketeollisuuden sivuvirtojen prosessointi orgaanisiksi lannoitevalmisteiksi on myös tärkeä osa kiertotaloutta. Nestemäisten kierrätyslannoitteiden rooli maataloudessa on tällä hetkellä vähäinen (Kapuinen 2020). Ravinteiden lisäksi orgaanisten lannoitteiden käytöllä on muita hyötyjä, mm. maan multavuutta lisäävän hiilisyötteen kautta.

Orgaanisiin lannoitteisiin liittyy monia haasteita lähtien niiden saatavuudesta, varastoinnista ja käyttörajoitteista liittyen mm. raskasmetalleihin tai puhdistamolietteisiin. Vaikka nurmenviljely painottuu pääasiassa karjatiloilta, joille orgaanisten lannoitteiden käyttö lietteen tai kuivalannan muodossa on tuttua, toisen tyyppisten orgaanisten tuotteiden käyttö vaatii uudenlaista osaamista myös nurmenviljelyssä. Liukoisen typen määrä on tärkein satoon vaikuttava tekijä, mutta samalla on huomioitava muiden ravinteiden riittävyys ja lainsäädännölliset rajoitteet. Orgaanisten lannoitteiden NPKS-suhde tai liukoisen typen osuus kokonaistypestä voi olla hyvin erilainen lantaan verrattuna. Lisäksi levityksen onnistuminen olemassa olevalla kalustolla tai levitystasaisuus voi tuottaa haasteita.

Jotta orgaanisten lannoitteiden käyttö yleistyisi, tutkimusta tuotteiden lannoitusvaikutuksista ja toimivista lannoituskäytännöistä, tarjolla olevan tiedon siirtoa neuvonnan kautta tiloille ja maatalousyrittäjien osaamista on lisätävä (Luostarinen ym. 2019). Tässä kenttäkokeessa tutkittiin kolmen erilaisen Gasum Oy:n valmistaman orgaanisen lannoitteen sekä Luke Maaningan biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen hiilisyötettä ja lannoitusvaikutusta verrattuna mineraalilannoitukseen nurmen perustamis- ja satovuonna. Kokeessa tutkittiin myös vesistökuormitusvaikutuksia läpivaluntakokeessa, jonka tulokset on raportoitu abstraktina (Järvenranta ym. 2022).

## Materiaali ja menetelmät

Ruutukoe toteutettiin vuosina 2020–2021 Luonnonvarakeskuksen Kuopio Maaningan toimipaikassa. Koekenttä perustettiin yhdessä ”Biosfääri Pohjois-Savo” -hankkeen metsäteollisuuden sivuvirtakuituja tutkivan kokeen kanssa siten, että molempien hankkeiden kokeet hyödynsivät osittain samoja mineraalityppi-koejäseniä. Kokeiden tulokset laskettiin ja raportoitiin erikseen. Tämän kokeen koeasetelmana käytettiin lohkoittain satunnaistettua koeasetelmaa neljänä kerranteena.

Koe perustettiin keväällä 2020 1.5 m × 15 m kokoisiin koeruutuihin. Vuonna 2020 koejäseniä oli viisi: Gasumin Vehmaan ja Turun laitoksen konsentraatit, Luke Maaningan biokaasulaitoksen käsittelyjäännös, mineraalityppiporras 80 kg N ha<sup>-1</sup> sekä typpilannoittamaton kontrollikoejäsen 0 N. Orgaaniset lannoitteet levitettiin ennen kylvöä kastelukannulla ja äestettiin välittömästi, eikä niitä täydennetty mineraalilannoittein. Mineraalityppiporras, myös 0 N, saivat riittävän fosfori- ja kaliumlannoituksen. Ohra korjattiin puimalla. Vuonna 2021 koetta jatkettiin pienin muutoksin: Turun konsentraatti-koejäsenelle vaihdettiin Honkajoen laitoksen käsittelyjäännös, ja kokeeseen lisättiin mineraalityppiporras 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Kastelukannuun lisättiin kasteluletkun pala simuloimaan letkulevitystä. Keväällä koejäsenille annettiin mineraalityppeä kasvun käynnistämiseksi, ja orgaaniset lannoitteet levitettiin viileänä päivänä kastelukannulla nurmen riviväleihin, kun nurmi oli jo kasvussa. Näin pyrittiin minimoimaan typen haihduntahävikkiä. Toinen sato lannoitettiin mineraalilannoittein. Vuonna 2021 korjattiin kaksi nurmisatoa. Kokeelle tehtyjen toimenpiteiden ajoitus ja tarkemmat kuvaukset esitetään Taulukossa 1. Lannoitteiden sisältämät ravinteet ja niiden tarkemmat levitysmäärät esitetään Taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 1. Kokeella tehdyt toimenpiteet ja niiden selitteet

Toimenpide	Selite	2020	2021
Alkumaanäytteet	Syvyys 0–20 cm	28.5.	–
Mineraalilannoitus	Ks. Taulukko 3	1.6.	17.5.
Orgaaniset lannoitteet	Ks. Taulukko 3	1.6.	20.5.
Kylvö	Brage 188 kg ha <sup>-1</sup> , Tryggve-Minto 70:30, 21 kg ha <sup>-1</sup>	2.6.	–
Nurmen 1. niitto	Sato ja kasvustonäytteiden otto	–	15.6.
Mineraalilannoitus	Ks. Taulukko 3	–	16.6.
Kasvinsuojeluruiskutus	Starane XL + Moddus; Primus XL	24.6.	29.6.
Ohran puinti / nurmen 2. niitto	Sato ja kasvustonäytteiden otto	14.9.	4.8.
Irtotiheysnäytteet	vain osa koejäsenistä, syvyys 0–10 ja 10–20 cm	1.10.	11.10.
Maanäytteet	2020 syvyydet 0–20 ja 20–40 cm, 2021 0–20 cm	27.–29.10.	27.–28.9.

Puidusta ohrasta määritettiin jyväsato 15% kosteudessa sekä kuiva-ainesato ja molemmista nurmisadoista kuiva-ainesato. Kasvustonäytteet otettiin ruuduittain. Jyvistä määritettiin tuhannen jyvän paino (tjp) Luke Maaningalla, jonka jälkeen näytteistä analysoitiin Seilab Oy:n laboratoriossa hehtolitrapaino (hlp), raakavalkuainen (rv), fosfori (P), kalium (K), rikki (S) ja seleeni (Se). Nurminäytteistä analysoitiin Valio Oy:n laboratoriossa D-arvo ja rv (NIR) sekä K ja P (XRF-menetelmä) ja Seilab Oy:ssä S ja Se. Energiasato (ME-sato, GJ ha<sup>-1</sup>), ravinnepoistumat ja -taseet laskettiin analyysitulosten ja lannoitustietojen perusteella ja typen hyväksikäyttötehokkuus (NUE) huomioimalla lisäksi 0 N -koejäsenen N-poistuma (N-sato) kullakin kerranteella.

Alkumaanäytteitä otettiin kaksi kustakin kerranteesta. Näytteistä määritettiin perusviljavuusanalyysi, ravinne-reservit, lajitekoostumus ja S Seilab Oy:n laboratoriossa ja kokonaishiili ja kokonaistyyppi Leco-menetelmällä Luken laboratoriossa. Kumpanakin syksynä otettiin ruuduittain maanäytteet, joista määritettiin perusviljavuus, S ja Se (Seilab Oy) ja kokonaishiili ja -typpi (Luke). Lisäksi määritettiin liukaisen typen fraktiot (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, liukoinen kokonais-N) KCl-uuton avulla (Luke). Osasta koejäsenistä (80 N, Gasum Turku, Luke käsittelyjäännös) määritettiin molempina syksyinä irtotiheys 0–20 cm syvyydessä, jotta maan hiili- ja typpipitoisuudet voitiin kääntää kiloiksi hehtaaria kohden.

Tulokset analysoitiin SAS 9.4. ohjelmiston *Mixed*-proseduurilla siten, että koejäsen oli mallissa kiinteänä ja keranne satunnaisena tekijänä. Parivertailut tehtiin Tukey-Kramerin testillä. Vuodet, niitot ja maaprofiilien syvyydet analysoitiin erikseen.

## Tulokset

### Kasvukauden sää ja koealueen ominaisuudet

Vuonna 2020 kevät oli viileä ja kasvukausi alkoi myöhään (23.5.2020). Kesäkuun puolivälissä lämpösummakertymä oli kuitenkin tavoittanut pitkän ajan (1981–2010) keskiarvon ja eteni keskiarvon mukaisesti elokuun loppupuolelle saakka, jonka jälkeen loppusyksy oli keskimääräistä lämpimämpi. Kasvukausi 2021 alkoi 9.5. ja oli heti kesäkuun alusta lähtien keskimääräistä lämpimämpi. Vuonna 2020 kasvukauden sadesumma oli kasvukauden lopulla keskimääräisellä tasolla, mutta sade jakautui erittäin epätasaisesti. Kasvukauden alku oli lähes sateeton, kunnes 30.6.20 vettä saatiin vuorokauden aikana 63 mm. Elokuussa oli jälleen pitkiä hyvin vähäsaateisia jaksoja, ja syyskuussa muutama päivä ennen puintia saatiin runsaita sateita. Vuonna 2021 kasvukauden sademäärä oli samaa tasoa kuin vuonna 2020, mutta jakautui tasaisemmin lukuun ottamatta noin kuukauden mittaista kuivaa jaksoa, joka ajoittui toisen sadon kasvuaikaan.

Alkumaanäytteiden perusteella koekentän maalaji kyntökerroksessa (0–20 cm) oli karkea hieta, pH 6.0, viljavuus-P 13.5 mg l<sup>-1</sup> (tydyttävä), viljavuus-K 77 mg l<sup>-1</sup> (välttävä) ja rikki 7.4 mg l<sup>-1</sup> (välttävä). Reservikaliumluokka oli hyvä (3520 mg l<sup>-1</sup>). Kokonaishiilen määrä oli keskimäärin 1.8% ja siitä laskettu orgaanisen aineksen osuus 3.1% (luokka multava). Kokonaistypen määrä oli 0.13%. Kerranteiden välillä oli eroja esimerkiksi hiilen (1.5–2.2%) ja fosforin (9–18 mg l<sup>-1</sup>) välillä.

### Orgaaniset lannoitteet

Orgaanisten lannoitteiden ravinnepitoisuudet esitetään Taulukossa 2. Vehmaan biokaasulaitoksen syötteinä oli erilaisia biolietteitä ja sian raakalietettä. Konsentraatista oli tehty ravinnepitoinen jatkokäsittelyllä käsittelyjäännöstä poistamalla kiintoainesta ja vettä. Huolimatta korkeasta kuiva-aineesta (16%), Vehmaan konsentraatti oli niin juoksevaa, että sitä voitiin levittää kastelukannulla, jossa oli suutinosaa paikallaan. Sitä voitiin käyttää myös nurmivuonna pintalevityksenä, sillä puhdistamolietteen osuus oli alle 10% lannoitteen raaka-ainepohjasta. Konsentraattia säilytettiin talven yli puolilämpimässä tilassa 1 m<sup>3</sup> kontissa. Ravinneoostumus analysoitiin uudelleen levityshetkellä, vaikka koostumuksen oletettiin olevan sama kuin edellisenä vuonna. Turun tehtaan käsittelyjäännös oli koostumukseltaan kiisselimäistä, venyvää ja huonosti juoksevaa. Se sisälsi puhdistamolietettä yli 10% tuotteen raaka-aineista, joten sitä voitiin käyttää vain nurmen perustamisvaiheessa. Jotta tuote saatiin levitettyä, siihen sekoitettiin 15% vettä. Tuote tarttui silti osittain kiinni kastelukannun pohjaan. Luken biokaasulaitoksen syötteenä käytettiin ainoastaan naudan lietelantaa, joten käsittelyjäännöksen ravinnepitoisuudet olivat lähellä tyyppistä naudan raakalietettä. Se levittyi hyvin kastelukannulla ilman suutinosaa. Tuote ei ollut Vehmaan tavoin samaa erää, vaan se otettiin molempina keväinä erikseen isommasta säiliöstä. Turun tuote korvattiin keväällä 2021 Honkajoen laitoksen käsittelyjäännöksellä. Honkajoen laitoksen pääsyöte ovat biojätteet. Myös Honkajoen käsittelyjäännös levittyi hyvin kastelukannulla.

Taulukko 2. Orgaanisten lannoitteiden ravinnesisällöt

		Kuiva-aine	Kok-N	Liuk-N	P	K	S	C
		%						
2020	Gasum Turku	12.4 <sup>1</sup>	11.3	5.8 <sup>2</sup>	1.2	5.1	0.5	43.5
2020	Gasum Vehmaa	15.7	24.3	21.4	2.0	4.5	5.1	12.5
2020	Luke käs.jäännös	4.4	3.0	1.9	0.6	4.2	0.2	17.0
2021	Gasum Honkajoki	3.9	5.9	4.6	0.5	1.4	0.3	8.1
2021	Gasum Vehmaa	16.0	24.0	22.0	2.3	4.9	0.2 <sup>2</sup>	24.2 <sup>2</sup>
2021	Luke käs.jäännös	4.9	3.3	2.2	0.5	3.3	0.2	18.2

<sup>1</sup> Sisältää 15 % lisättyä vettä. <sup>2</sup> Analyysituloksissa suurta vaihtelua, joten tulos on suuntaa antava.

Orgaanisten lannoitteiden ravinnepitoisuuksien analysointi osoittautui haastavaksi. Turun tuotteen liukoisen typen pitoisuutta määritettiin useaan kertaan, ja tulokset poikkesivat selvästi toisistaan. Todennäköisesti joukkoon sekoitettu vesi sekä kiisselimäinen koostumus vaikeuttivat edustavan näytteen ottoa tai edustavaa analysointia.

Gasum Turku -koejäsenen toteutunut liukoisen typen määrä jäi epävarmaksi. Vehmaan tuotteen typpimäärä saatiin määritettyä tarkasti, mutta talvisäilytyksen jälkeen rikkipitoisuus näytti vähentyneen murto-osaan ja hiilipitoisuus lähes tuplaantuneen. Sato- ja maanäytetulosten perusteella voidaan päätellä, että vuoden 2021 rikkimääritys on epäuskottava, mutta tuotteen hiilipitoisuus jäi näiden määritysten perusteella epävarmaksi. Orgaaniset lannoitteet eivät sisältäneet seleeniä, toisin kuin mineraalilannoitteena käytetty YaraBela Suomensalpietari.

Taulukossa 3 esitetään tuotteiden levitysmäärät ja niiden sisältämien ravinteiden määrät. Koska Vehmaan tuotteen typpipitoisuus oli korkea muihin verrattuna, sen levitysmäärät olivat hyvin matalia. Myös Turun ja Honkajoen tuotteiden levitysmäärät olivat selvästi tyypillisiä karjanlannan levitysmääriä matalampia.

Taulukko 3. Orgaanisten lannoitteiden levitysmäärät ja lannoitteiden mukana annetut ravinteet. 2020 = puitu ohra, yksi lannoituskerta. 2021 = nurmi, ensimmäisen ja toisen sadon lannoitusten yhteismäärä.

		Levitysmäärä	Kok-N	Liuk-N	P	K	S	C
		t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>					
2020	Mineraalilannoitus 0 N <sup>1</sup>		0	0	10	40	0	0
	Mineraalilannoitus 80 N		80	80	10	43	12	0
	Gasum Turku	10.2	116	59 <sup>2</sup>	12	52	5	444
	Gasum Vehmaa	4.8	117	103	10	22	24	60
	Luke käs.jäännös	36.4	109	69	21	154	6	619
2021	Mineraalilannoitus 0 N + 0 N		0	0	20	50	0	0
	Mineraalilannoitus 80 N + 80 N		160	160	20	56	24	0
	Mineraalilannoitus 100 N + 100 N		200	200	20	57	30	0
	(Gasum Honkajoki + 30 N) + 80 N	15.9	204	183	8	51	21	129
	(Gasum Vehmaa + 30 N) + 80 N	3.7	199	191	8	47	17 <sup>2</sup>	90 <sup>2</sup>
	(Luke käs.jäännös + 30 N) + 80 N	36.8	231	191	19	151	25	670

<sup>1</sup> Mineraalilannoitus toteutettu YaraBela Suomensalpietarilla (N 26.8%, K 1%, S 4%, Se 0.0015%), kaliumsuolalla (K 50%) ja superfosfaatilla (P 20%). <sup>2</sup> Analyysituloksissa suurta vaihtelua, joten tulos on suuntaa antava.

## Sato ja rehuarvot

Gasum Vehmaa, jonka sisältämä liukoisen typen määrä oli korkein v. 2020, tuotti korkeamman jyväsadon ja jyvien rv-pitoisuuden kuin muut orgaaniset lannoitteet (Taulukko 4). Myös hehtolitraino oli suuntaa antavasti korkein, mutta tuhannen siemenen painossa ero ei ollut samansuuntainen. Vehmaan sisältämä rikki näkyi korkeampana jyvien S-pitoisuutena, mutta ei vaikuttanut merkittävästi Se-pitoisuuteen. Jyvien K- ja P-pitoisuuksissa ei ollut eroja.

Taulukko 4. Ohran jyväsato (15% kosteudessa), hehtolitraino (hlp), tuhannen jyvän paino (tjp), raakavalkuaispitoisuus (rv) ja ravinnepitoisuudet vuonna 2020

Koejäsen	Sato 15% kg ha <sup>-1</sup>	hlp kg hl <sup>-1</sup>	tjp g	rv g kg <sup>-1</sup> ka	P	K	S	Se mg kg <sup>-1</sup> ka
0 N	2420 a	60.9	38.4 b	97 a	4.7	4.8	1.4 a	
80 N	4040 bc	61.4	37.2 ab	102 ab	4.5	4.9	1.4 a	0.13 b
Gasum Turku	3420 b	61.4	36.1 a	100 a	4.5	4.7	1.3 a	0.05 a
Gasum Vehmaa	4470 c	62.3	36.3 ab	112 b	4.6	4.8	1.5 b	0.04 a
Luke käs.jäännös	3500 b	60.4	36.7 ab	98 a	4.5	4.7	1.3 a	0.06 a
Keskiarvo	3570	61.3	36.9	102	4.5	4.8	1.4	0.07
SEM	305	0.74	0.90	3.8	0.09	0.07	0.04	0.007
P-arvo	***	0	*	**			**	***

SEM = keskiarvon keskivirhe; tilastolliset merkitsevyydet: \*\*\* (P < 0.001), \*\* (P < 0.01), \*(P < 0.05) ja 0 (P < 0.10)

Vuonna 2021 nurmen ensimmäisessä sadossa kaikki orgaaniset lannoitteet tuottivat yhtä korkean sadon kuin mineraalityppiportaatt 80 N ja 100 N (Taulukko 5). Rv-pitoisuus oli korkeampi kuin mineraalityppiportaalla 100 N. D-arvossa ja kasvuston P-pitoisuudessa ei ollut eroja, ja 0 N -portaan K-pitoisuus oli mineraalityppiportaita ja Luken käsittelyjäännöstä matalampi. Vehmaan ja 100 N -portaan sisältämä helppoliukoinen S näkyi korkeampana kasvuston S-pitoisuutena, mutta Vehmaa ei tuottanut muita orgaanisia lannoitteita matalampaa Se-pitoisuutta.

Taulukko 5. Kuiva-ainesato, D-arvo, raakavalkuaispitoisuus (rv) ja ravinnepitoisuudet nurmen ensimmäisessä sadossa vuonna 2021

Koejäsen	Kasato kg ka ha <sup>-1</sup>	D-arvo g kg <sup>-1</sup> ka	rv	P	K	S	Se mg kg <sup>-1</sup> ka
0 N + 0 N	2400 a	647	84 a	2.6 a	24.5 a	1.1 a	
80 N + 80 N	4440 b	624	118 b	3.2 a	29.3 b	2.0 bc	0.42 b
100 N + 100 N	4470 b	615	109 a	3.2 a	29.0 b	2.1 c	0.43 b
(Gasum Honkajoki + 30 N) + 80 N	4930 b	635	124 b	3.0 a	28.3 ab	1.8 b	0.27 a
(Gasum Vehmaa + 30 N) + 80 N	4880 b	644	132 b	2.9 a	27.5 ab	2.3 c	0.21 a
(Luke käs.jäännös + 30 N) + 80 N	4780 b	631	124 b	3.2 a	28.8 b	1.7 b	0.24 a
Keskiarvo	4320	632	115	3.0	27.9	1.8	0.31
SEM	173	8.6	7.8	0.14	0.91	0.09	0.031
P-arvo	***		**	*	*	***	***

SEM = keskiarvon keskivirhe; tilastolliset merkitsevyydet: \*\*\* (P < 0.001), \*\* (P < 0.01), \*(P < 0.05) ja 0 (P < 0.10)

Toisessa sadossa tutkittiin orgaanisten lannoitteiden jälkivaikutusta. Orgaaniset koejäsenet, jotka saivat toiselle sadolle 80 kg ha<sup>-1</sup> mineraalityyppiä, ylsivät satotasoltaan lukuarvoisesti lähemmäs 100 N kuin 80 N -porrasta, vaikka eivät eronneet tilastollisesti kummastakaan (Taulukko 6). D-arvossa, rv-pitoisuudessa ja K-pitoisuudessa ei ollut eroja. Heikosti satoa tuottanut 0 N erottui korkeimmalla P-pitoisuudellaan. Vehmaa tuotti jälleen lievästi korkeamman S-pitoisuuden (erosi Luken käsittelyjäännöksestä ja 80 N -portaasta) ja tässä sadossa Se-pitoisuus jäi muita koejäseniä heikommaksi. Kasvukauden kokonaissato oli jokaisella orgaanisella lannoitteella yhtä korkea kuin 100 N + 100 N -portaalla, eikä satojen kääntäminen ME-sadoiksi muuttanut tulosta (Taulukko 7).

Taulukko 6. Kuiva-ainesato, D-arvo, raakavalkuaispitoisuus (rv) ja ravinnepitoisuudet nurmen toisessa sadossa vuonna 2021

Koejäsen	Kasato kg ka ha <sup>-1</sup>	D-arvo g kg <sup>-1</sup> ka	rv	P <sup>1</sup>	K	S	Se mg kg <sup>-1</sup> ka
0 N + 0 N	520 a	651	100	2.7 b	18.8 a	2.2 c	
80 N + 80 N	2570 b	652	105	1.8 a	17.8 a	1.7 a	0.15 b
100 N + 100 N	3100 b	645	108	1.8 a	19.0 a	1.8 ab	0.16 b
(Gasum Honkajoki + 30 N) + 80 N	2980 b	641	108	1.8 a	18.3 a	1.7 ab	0.16 b
(Gasum Vehmaa + 30 N) + 80 N	2910 b	646	108	1.7 a	18.3 a	2.0 bc	0.06 a
(Luke käs.jäännös + 30 N) + 80 N	2960 b	648	103	1.8 a	19.0 a	1.5 a	0.13 b
Keskiarvo	2510	647	105	1.9	18.5	1.8	0.13
SEM	347	3.8	3.6		0.39	0.07	0.024
P-arvo	***			***	*	***	***

<sup>1</sup> Käytetty logaritimuunnosta, keskivirhettä ei esitetä. SEM = keskiarvon keskivirhe; Tilastolliset merkitsevyydet: \*\*\* (P < 0.001), \*\* (P < 0.01), \*(P < 0.05) ja 0 (P < 0.10)

## Ravinnetaseet ja ravinteiden hyväksikäyttö

Korkeamman jyväsadon seurauksena Vehmaan N-sato, P-sato ja K-sato olivat vuonna 2020 korkeammat kuin muilla orgaanisilla lannoitteilla (Taulukko 8). S-sato oli myös korkeampi. Turun tuotteen liukoisien typen tase oli Vehmaata matalampi, mutta kumpikaan ei eronnut Luken käsittelyjäännöksestä eikä mineraalityppiportaasta 80 N. Kokonaistypen tase oli Vehmaan tuotteella muita matalampi. Vain keskimäärin 28% annetusta liukoisesta tyydestä päätyi jyvään vuonna 2020. Liukoisien typen hyväksikäyttötehokkuus (LiukNUE) oli Vehmaalla parempi kuin Luken käsittelyjäännöksellä (35% vs. 21%) muiden koejäsenten jäädessä näiden väliin. Vehmaan tuotteella, jossa lähes kaikki tyyppi oli liukoisessa muodossa, oli orgaanisista lannoitteista korkein kokonaistypen hyväksikäyttötehokkuus (KokNUE). Nurmen kokonaissadoissa vain 0 N -käsittely erosi muista matalammilla N-, P- ja K-sadoillaan (Taulukko 7).

Taulukko 7. Kuiva-ainesato ja energiasato, N-, P- ja K-sadot sekä liukoisen ja kokonaistypen taseet ja hyväksikäyttötehokkuudet nurmen kesän kokonaissadossa vuonna 2021

Koejäsen	Kasato kg ka ha <sup>-1</sup>	Mesato GJ ha <sup>-1</sup>	Nsato kg ha <sup>-1</sup>	Psato kg ha <sup>-1</sup>	Ksato kg ha <sup>-1</sup>	Ssato kg ha <sup>-1</sup>	LiukNtase kg ha <sup>-1</sup>	KokNtase kg ha <sup>-1</sup>	liukNUE	KokNUE
0 N + 0 N	2910 a	30.1 a	40 a	8 a	68 a	3.7 a	-40 a	-40 a		
80 N + 80 N	7010 b	71.1 b	127 b	19 b	175 b	13.2 b	33 b	33 b	0.54 ab	0.54 ab
100 N + 100 N	7570 bc	76.0 bc	132 b	20 b	188 b	14.7 bc	68 c	68 cd	0.46 a	0.46 ab
(Gasum Honkajoki + 30 N) + 80 N	8000 c	81.4 c	144 b	20 b	188 b	13.2 b	39 b	60 c	0.56 ab	0.51 ab
(Gasum Vehmaa + 30 N) + 80 N	7780 c	80.2 c	153 b	19 b	187 b	16.8 c	38 b	46 bc	0.59 b	0.57 b
(Luke käs.jäännös + 30 N) + 80 N	7740 c	78.9 c	144 b	21 b	193 b	12.6 b	47 bc	88 d	0.54 ab	0.45 a
Keskiarvo	6830	69.6	123	18	167	12.4	31	42	0.54	0.50
Keskiarvon keskivirhe	443.7	4.43	13.2	1.5	11.5	1.3	13.2	13.2	0.055	0.052
P-arvo	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*

NUE = (Nsato – Nsato 0 N-käsittelyllä)/N-lannoitus. Eri kirjaimella merkityt eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P < 0.05).

Taulukko 8. Kuiva-ainesato, N-, P- ja K-sadot sekä liukoisen ja kokonaistypen taseet ja hyväksikäyttötehokkuudet ohran jyväsadossa vuonna 2020

Koejäsen	Kasato kg ka ha <sup>-1</sup>	Nsato kg ha <sup>-1</sup>	Psato kg ha <sup>-1</sup>	Ksato kg ha <sup>-1</sup>	Ssato kg ha <sup>-1</sup>	LiukNtase kg ha <sup>-1</sup>	KokNtase kg ha <sup>-1</sup>	liukNUE	KokNUE
0 N	2060 a	32 a	10 a	10 a	2.8 a	-32 a	-32 a		
80 N	3430 bc	56 bc	15 bc	17 bc	4.6 b	24 bc	24 b	0.30 ab	0.30 b
Gasum Turku	2910 b	47 b	13 b	14 b	3.9 b	12 b	69 d	0.25 ab	0.13 a
Gasum Vehmaa	3800 c	68 c	17 c	18 c	5.7 c	35 c	49 c	0.35 b	0.31 b
Luke käs.jäännös	2980 b	47 b	13 b	14 b	3.9 b	22 bc	62 d	0.21 a	0.13 a
Keskiarvo	3030	50	14	14	4.2	12	34	0.28	0.22
Keskiarvon keskivirhe	259	5.5	1.3	1.3	0.4	5.5	5.5	0.055	0.042
P-arvo	***	***	***	***	***	***	***	*	***

NUE = (Nsato – Nsato 0 N-käsittelyllä)/N-lannoitus. Eri kirjaimella merkityt eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P < 0.05).

Taulukko 9. Maan rikki- ja hiilipitoisuus muokkauskerroksessa (0–20 cm) sekä hiilipitoisuus ja hiilen määrä hehtaaria kohden pintakerroksessa (0–20 cm) ensimmäisen ja toisen koevuoden jälkeen.

Koejäsen	Syksy 2020				Syksy 2021			
	0–20 cm		0–10 cm		0–20 cm		0–10 cm	
	S mg l <sup>-1</sup>	C %	C %	C t ha <sup>-1</sup>	S <sup>1</sup> mg l <sup>-1</sup>	C %	C %	C t ha <sup>-1</sup>
0 N	6.0 a	1.7			6.6 a	1.9		
80 N	6.5 ab	1.6	1.7	20.6	10.4 b	1.9	1.9	23.5
100 N					10.7 b	1.9		
Gasum Turku/Honkajoki	6.1 a	1.7	1.8	21.5	9.0 b	1.8	1.8	23.0
Gasum Vehmaa	8.0 b	1.7			15.6 c	1.8		
Luke käs.jäännös	6.1 a	1.7	1.8	19.8	9.2 b	1.8	1.9	22.9
Keskiarvo	6.5	1.7	1.8	20.6	10.2	1.9	0.1	23.1
Keskiarvon keskivirhe	0.56	0.14	0.15	1.63		0.18	0.16	2.22
Merkitsevyyt	**				***			

<sup>1</sup> Käytetty logaritimuunnosta, keskivirhettä ei esitetä.\*\*\* (P<0.001), \*\* (P<0.01), \*(P<0.05) ja 0 (P<0.10)

Vehmaa tuotti muita orgaanisia lannoitteita korkeamman S-sadon. Honkajoen ja Vehmaan liukoisen typen tase oli matalampi kuin mineraalityyppiportaan 100 N. Luken käsittelyjäännöksellä oli muita orgaanisia lannoitteita korkeampi kokonaistypen tase. Keskimäärin 54% annetusta liukoisesta tyypestä ja 50% annetusta kokonaistyypestä päätyi nurmisatoon. Vehmaan LiukNUE oli korkeampi kuin mineraalityyppiportaan 100 N ja Vehmaan KokNUE oli korkeampi kuin Luken käsittelyjäännöksen.

## Maanäytteet ja hiilisyöte

Syksyllä 2020 ja 2021 tehdyissä muokkauskerroksen (0–20 cm) maa-analyyseissä koejäsenten välillä ei ollut merkitseviä eroja pH:ssa tai K-, P-, Mg- ja Ca-pitoisuuksissa, lukuun ottamatta syksyä 2021, jolloin 0 N -koejäsenen viljavuuskalium oli korkeampi kuin Gasum Vehmaan ja 80 N-koejäsenen (75 mg l<sup>-1</sup> vs. 62 mg l<sup>-1</sup>). Gasum Vehmaan käyttö nosti muokkauskerroksen rikkipitoisuutta (Taulukko 9). Vielä suurempi ero oli jankossa (20–40 cm) syksyllä 2020 (Vehmaa 13.2 mg l<sup>-1</sup>, muut 5.9 mg l<sup>-1</sup>). Vuonna 2021 jankkomäärityksiä ei tehty. Muokkauskerroksen tai pintakerroksen (0–10 cm) hiilipitoisuudessa ei ollut eroja koejäsenten välillä, kuten ei myöskään pintakerroksen sisältämän hiilen määrässä hehtaaria kohden (Taulukko 9). Maan keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus muokkauskerroksessa oli syksyllä 2020 0,13% ja syksyllä 2021 0,15%. Epäorgaanista tyyppiä oli muokkauskerroksessa keskimäärin 3.5 kg ha<sup>-1</sup> syksyllä 2020 (josta nitraattityppiä 1.0 kg ha<sup>-1</sup>) ja syksyllä 2021 3.8 kg ha<sup>-1</sup> (nitraattityppiä 1.1 kg ha<sup>-1</sup>). Koejäsenten välillä ei ollut merkitseviä eroja tyyppipitoisuuksissa, mutta syksyllä 2020 Gasum Turun epäorgaanisen tyypin määrä oli lähes merkitsevästi (P = 0.059) korkeampi kuin Gasum Vehmaan (4.4 kg vs. 2.6 kg ha<sup>-1</sup>).

## Tulosten tarkastelu

Vuonna 2020 orgaanisten lannoitteiden liukaisen tyypin määrän täsmäminen ei onnistunut toivotusti, sillä Vehmaan toteutunut lannoitus oli muita korkeampi. Tämä selittää korkeampaa satotasoa sekä rv-pitoisuutta. Keskimäärin rv-pitoisuus kokeessa oli matala. Jyväsatoliukuus oli kuivuudesta huolimatta kohtalainen, vaikka Virallisissa lajikekokeissa 2014–2021 Brage-ohran jyväsatoliukuus III-vyöhykkeellä on ollut selvästi suurempi, keskimäärin 6400 kg ha<sup>-1</sup> (Luonnonvarakeskus 2022a). Virallisissa lajikekokeissa on myös keskimäärin ylletty korkeampaan hehtolitrapainoon ja tuhannen jyvän painoon (koko maassa Brage hlp 65.0 kg ja tjp 38.1 g; Luonnonvarakeskus 2022a). Fosforilannoitus oli kaikilla koejäsenillä riittävä, sillä jyvien P-pitoisuudessa ei ollut eroja ja pitoisuus oli korkeampi kuin Rehutaulukoiden keskiarvo (3.6 g kg<sup>-1</sup> ka; Luonnonvarakeskus 2022b). Lannan rikistä vain pieni osa on kasveille suoraan käyttökelpoista. Vehmaa edustaa tässä kokeessa tuotetta, johon on lisätty käsittelyprosessissa helppoliukoista rikkiä. Tämä näkyi korkeampana jyvien S-pitoisuutena. Se-pitoisuus määritettiin, koska runsas rikkilannoitus voi haitata kasvin seleenin ottoa (National Research Council 2001). Orgaanisten lannoitteiden välillä ei ollut eroja jyvien Se-pitoisuudessa, mutta on huomioitava, ettei niille annettu Se-lannoitusta, jonka ottoa rikki olisi voinut haitata. Kaikkien orgaanisten koejäsenten ohran jyvien Se-pitoisuudet olivat merkitsevästi Se-lannoituksen saanutta koejäsentä 80 N matalampia. Luken käsittelyjäännöksen merkittävästi muita korkeampi K-pitoisuus ei sen sijaan näkynyt jyvien K-pitoisuudessa.

Nurmivuonna 2021 on huomioitava edellisen kesän käsittelyiden jälkivaikutus, eli orgaanisen, ei-liukaisen tyypin mahdollinen mineralisaatio. Alkukesän 2021 sääolosuhteet olivat mineralisaatiolle suotuisat, mikä havaittiin Maaningalla usealla kokeella. Edellisenä kesänä orgaanisia lannoitteita saaneet koejäsenet kasvoivat hyvin, vähintään mineraalityypilannoituksen veroisesti. Jälkivaikutuksen lisäksi tämä kertoo onnistumisesta ammoniakkin haidunnan minimoinnissa kevätlevityksen aikaan. Jälkivaikutuksesta kertoo myös se, että orgaaniset koejäsenet ylsivät tilastollisesti samaan satotasoon kuin mineraalilannoituskoejäsenen 20 kg ha<sup>-1</sup> matalammalla toisen sadon N-lannoituksella ilman, että tämä näkyi rv-pitoisuuden laskuna. Gasumin molemmissa tuotteissa oli selvästi vähemmän fosforia ja kaliumia kuin naudaneliöalustan Luken käsittelyjäännöksessä tai tyyppillisessä naudaneliöalustan lietteessä. Koealueen runsaan reservikaliumipitoisuuden sekä riittävän fosforin viljavuusluokan vuoksi fosforista ja kaliumista johtuvat sato- tai ravinnepitoisuusvaikutukset eivät olleet odotettuja. Toisessa sadossa sekä P- että K-pitoisuudet olivat varsin matalia, mikä voi johtua kuivuudesta. Vehmaan sisältämä helppoliukoinen rikki näkyi molemmissa nurmisadoissa kohonneena rikkipitoisuutena. Pitoisuus ei kuitenkaan ollut lähellä eläimille haitallisen dieetin S-pitoisuuden rajaa (4.0 g kg<sup>-1</sup> ka; National Research Council 2001). On huomioitava, että toisenlaisilla maalajeilla ja viljavuusluokilla lannasta poikkeavat NPK-suhteet sekä suuret S-lannoitusmäärät on syytä ottaa huomioon ja huolehtia etenkin kaliumin riittävyydestä ja rikin ylimäärän välttämistä. Tässä hyvänä apuna ovat säännöllisesti teetetyt kivennäisanalyysit korjuuhetken kasvustosta. Nurmen ensimmäisessä sadossa rikki ei näyttänyt vaikuttavan kasvin seleeninottoon, mutta toisessa sadossa, jossa kaikki koejäsenet saivat yhtä suuren Se-lannoituksen salpietarin mukana, rikki näytti haittaavan kasvin seleenin ottoa. Seleeniä voidaan kuitenkin tarvittaessa lisätä ruokintaan.

Vehmaan korkeampi sato vuonna 2020 selittää korkeampia N-, P-, K- ja S-satoja ja hieman korkeampaa liukaisen tyypin tasetta. Kokonaistyyppien tase taas oli muita orgaanisia koejäseniä matalampi, koska Vehmaan sisältämästä tyyppistä lähes kaikki oli liukoista. Viljoilla kokonaistyyppien tasetta pidetään huuhtoumariskin kannalta turvallisena, jos se on alle 60 kg N ha<sup>-1</sup> (Salo ym. 2013). Tämä ylittyi hieman Turun tuotteella ja Luken käsittelyjäännöksellä. Liukaisen tyypin hyväksikäyttötehokkuus (LiukNUE) oli Luken käsittelyjäännöksellä heikompi kuin Vehmaalla,

vaikka typpilannoitus oli matalampi, mikä tavallisesti nostaa NUE:a. Vehmaalla KokNUE oli mineraalityppilannoituksen veroinen. Nurmen kokonaissadossa vuonna 2021 vain 0 N -koejäsen erosi muista matalammilla N-, P-, K- ja S-sadoilla, mikä selittyy huomattavasti matalammalla satotasolla. Kun typpilannoitus jätettiin väliin useamman keran, maan typpivarat eivät riittäneet tuottamaan satoa toistuvasti. Kokonaistypen tase oli korkein Luken käsittelyjäännöksellä, jolla liukaisen typen osuus kokonaistypestä oli selvästi matalin. Monivuotisella nurmella kokonaistypen taseen ja huuhtoumariskin yhteys ei ole selkeä, eikä korkeampikaan tase välttämättä realisoitu korkeampana huuhtoumana (Valkama ym. 2016). Orgaanisten lannoitteiden käytössä on silti syytä olla varovainen: Rätty ym. (2015) havaitsivat, että sateisena syksynä noin + 90 kg N ha<sup>-1</sup> kokonaistypen tase johti merkittävään huuhtoumaan karjanlantaan käytettäessä. Orgaanisten lannoitteiden typen hyväksikäyttötehokkuus ei tässä kokeessa jäänyt jälkeen mineraalilannoitekoejäsenistä.

Kasvuston lisäksi Vehmaan helppoliukoinen rikki näkyi maa-analyseissä. Rikki huuhtoutuu nitraattitypen tapaan helposti, ja syksyllä 2020 otetuissa maanäytteissä jankon S-pitoisuus olikin Vehmaalla kyntökerrosta korkeampi. Rikkilannoituksen vaikutus ei siis ole pitkäkestoinen. Hiilen määrä kyntökerroksessa (0–20 cm) oli koealueella keskimäärin yli 20 t ha<sup>-1</sup>. Tässä kokeessa toteutetut vuotuiset lisäykset (60–670 kg ha<sup>-1</sup>) olivat siis 0.3–3% kyntökerroksessa jo olevasta hiilestä. Heikkisen ym. (2021) mukaan 1000 kg ha<sup>-1</sup> hiililisäyksen havaitseminen maanäytteen vaatisi satojen maanäytteiden ottamista lohkoktasolla. On siis ymmärrettävää, ettei hiilivaikutusta maassa saada näin lyhyessä kokeessa todennettua maanäytteistä. Liukaisen typen määrä maassa oli molempina syksyinä hyvin samaa tasoa. Virkajärvi ym. (2016) havaitsivat, että viljavuoden jälkeen suurin osa maan epäorgaanisesta typestä oli huuhtoutuvassa nitraattimuodossa, kun taas nurmivuoden jälkeen ammoniummuodossa. Tässä kokeessa yli kaksi kolmasosaa epäorgaanisesta typestä oli ammoniummuodossa. Puitavan viljan alla oli perustuva nurmi, mikä selittänee, miksi liukoinen typi maassa käyttäytyi samaan tapaan molempina vuosina.

Käytännössä tässä kokeessa käytetyt, selvästi alle 10 t ha<sup>-1</sup> levitysmäärät ovat mahdottomia toteuttaa tavanomaisella lietteenlevityskalustolla. Lisäksi Turun tuotteen kaltainen tahmea, kiisselimäinen koostumus tekee levityksestä haastavaa. Käytännössä ravinnepitoisia konsentraatteja voi käyttää sekoittamalla niitä esimerkiksi karjanlantaan tai vähäravinteisempaan orgaaniseen lannoitevalmisteeseen. Sekoittamisen vaikutusta levitystasaisuuteen olisi hyvä selvittää. Toinen tuotteiden haaste liittyy levitettävän erän liukaisen typen pitoisuuden määrittämiseen ja sen luotettavuuteen. Lainsäädäntö mahdollistaa tuote-erän liukaisen typen määrän merkittävänkin poikkeaman tuoteselosteesta ( $\pm 25$  suhteellinen poikkeama; MMM 2011, Kapuinen ja Ikalainen 2016). Jos liukaisen typen pitoisuus tuote-erässä on odotettua matalampi ja valtaosa typestä, annetaan orgaanisena lannoitteena, tällä voi olla selkeä satoa alentava vaikutus. Samanlaista vaihtelua voi esiintyä myös muiden ravinteiden kohdalla, mutta se ei heijastu niin selkeästi sadon määrään. Tässä kokeessa erityisesti Turun tuotteen N-pitoisuuden sekä Vehmaan tuotteen S- ja C-pitoisuuden määrittäminen osoittautui haastavaksi. Liukaisen typen tuote-eräkohtaisesta tai levitystasaisuudesta johtuvasta vaihtelusta johtuvaa sadon aleneman riskiä voi vähentää antamalla osan typestä mineraalilannoitteina.

## Johtopäätökset

Kaikki tässä kokeessa käytetyt orgaaniset lannoitteet toimivat typpilannoitteina hyvin. Tässä auttoivat onnistunut ammoniakkin haihdunnan minimointi sekä ei-liukaisen typen mineralisaatiolle otolliset sääolosuhteet. Tuotteilla voidaan siis suotuisissa olosuhteissa saada mineraalilannoituksen veroisia satovaikutuksia. Hiilisyötteen vaikutusta ei odotetusti saatu näkyviin maanäytteillä, mikä ei kuitenkaan vähennä sen arvoa maan kasvukunnon ja rakenteen ylläpitäjänä. Tässä kokeessa ei huomioitu logistiikkaan tai levitykseen liittyviä käytännön rajoitteita. Käytännössä ravinnepitoisia konsentraatteja on sekoitettava lietteeseen tai toiseen orgaaniseen valmisteeseen, mikäli ne aiotaan levittää tavanomaisella lietteenlevityskalustolla.

## Kiitokset

Koe toteutettiin Luken ja Savonia-ammattikorkeakoulun ”Orgaanista voimaa peltoon ja parteen (OrVo)” -hankkeessa, jota rahoittivat Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto, Gasum Oy, Basf Oy, Rannan teollisuuskone Oy ja Mäntän energia Oy. Kiitos Luke Maaningan tekniselle henkilöstölle kokeen toteuttamisesta sekä laboratorioden henkilökunnalle näytteiden analysoinnista.



## Kirjallisuusviitteet

- Heikkinen, J., Keskinen, R., Regina, K., Honkanen, H. & Nuutinen, V. 2021. Estimation of carbon stocks in boreal cropland soils - methodological considerations. *European Journal of Soil Science* 72:934–945. <https://doi.org/10.1111/ejss.13033>
- Järvenranta, K., Mustonen, A., Termonen, M., Alhonoja, K., Nikama, J. & Rätty, M. 2022. Orgaanisten lannoitteiden ja täydennyslannoitettujen metsäteollisuuden kuitulietteiden vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen nurmen perustamisen yhteydessä. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote Nro 39. Maataloustieteen Päivät 2022.*
- Kapuinen, P. 2020. Nestemäiset kierrätyslannoitteet kevätevehnän lannoitteena. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote Nro 38. Maataloustieteen Päivät 2020.* <https://doi.org/10.33354/smst.89493>
- Kapuinen, P. & Ikäläinen, T. 2016. Orgaanisten lannoitevalmisteiden levitystasaisuus. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote Nro 33. Maataloustieteen Päivät 2016.* <https://doi.org/10.33354/smst.117101>
- Luonnonvarakeskus 2022a. Tutkimustietokannat. Viralliset lajikekokeet <http://px.luke.fi> Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu: 28.3.2022.
- Luonnonvarakeskus 2022b. Tutkimustietokannat. Rehutaulukot. Kivennäiset ja hivenaineet. <http://px.luke.fi> Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu 28.3.2022.
- Luostarinen, S., Tampio, E., Berlin, T., Grönroos, J., Kauppila, J., Koikkalainen, K., Niskanen, O., Rasa, K., Salo, T., Turtola, E., Valve, H. & Ylivainio, K. 2019. Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 2019:5. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 92 s. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161419/MMM\\_2019\\_5\\_Orgaaniset\\_lannoitevalmisteet.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161419/MMM_2019_5_Orgaaniset_lannoitevalmisteet.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiahho, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A. & zu Castell-Rüdenhausen, M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa: Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2017.* Luonnonvarakeskus, Helsinki. 45 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-437-3>
- MMM 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11.
- National Research Council 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, seventh, revised. National Academy Press, Washington, DC. 381 s.
- Rätty, M., Virkajärvi, P. & Järvenranta, K. 2015. Syksyllä nurmelle sijoittamalla levitetyn lietelannan vaikutus satoon ja ravinnehuuhtoumiin. Teoksessa: Ruokojärvi, A. (toim.) Ravinnehävikit euroiksi. RAE-hankkeen (2011-2015) loppuraportti. Savonia-ammattikorkeakoulu. 149 s.
- Salo, T., Turtola, E., Virkajärvi, P., Saarijärvi, K., Kuisma, P., Tuomisto, J. & Turakainen, M. 2013. Nitrogen fertilizer rates, N balances, and related risk of N leaching in Finnish agriculture. *MTT Report 102: 1–37.* <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti102.pdf>
- Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Salo, T., Kapuinen, P. & Turtola, E. 2016. Nitrogen fertilization of grass leys: yield production and risk of N leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 341–352. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.05.022>
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Rätty, M., Pakarinen, T., Pyykkönen, V. & Luostarinen, S. 2016. Biokaasuteknologiaa maataloilla II. Biokaasulaitoksen käsittelyjännöksen hyödyntäminen lannoitteena. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2016.* 117 s.