

MTT RAPORTTI 167

Kehitystä naudanlihantuotantoon – loppuraportti

Arto Huuskonen (toim.)



Kehitystä naudanlihantuotantoon – loppuraportti

Arto Huuskonen (toim.)



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin.

ISBN: 978-952-487-578-3 (Painettu)
ISBN: 978-952-487-579-0 (Verkkajulkaisu)
ISSN: 2324-0016 (Painettu)
ISSN: 1798-6419 (Verkkajulkaisu)
URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-579-0>
<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti167.pdf>
Copyright: MTT
Kirjoittajat: Arto Huuskonen (toim.)
Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen
Julkaisuvuosi: 2014
Kannen kuva: Maiju Pesonen

Kehitystä naudanlihantuotantoon – loppuraportti

Arto Huuskonen (toim.)

MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Kehitystä naudanlihantuotantoon -hankkeen tavoitteena oli parantaa suomalaisen naudanlihantuotannon kannattavuutta ja tehostaa lihanautatilojen sekä lihanjalostusteollisuuden kilpailukykyä. Hankkeessa toteutettiin viisi työpakettia, jotka edistivät tavoitteiden saavuttamista: 1) Kokoviljasäilörehun hyödyntäminen, 2) Nurmen kalkitus, 3) Nurmen kaliumlannoituksen tarkentaminen, 4) Emolehmätilojen hiehonkasvatuksen mallinnus sekä 5) Ruokinnasuunnittelu- ja tulosestimoitelmien lihanautojen loppukasvatukseen. Käsillä olevaan julkaisuun on koottu työpakettien keskeisimmät tulokset.

Kokoviljasäilörehun hyödyntäminen -työpaketissa testattiin nykyisin saatavilla olevien viljalajikkeiden satopotentiaalia ja rehun laatua kokoviljasäilörehuksi korjattuna sekä toteutettiin sonnien ruokintakoe, jossa selvitettiin valkuaislisän merkitystä kokoviljasäilörehuun perustuvalla ruokinnalla. Lisäksi ruokintakokeessa verrattiin kokoviljasäilörehuruokintoja nurmisäilörehuun perustuvaan ruokintaan. Osion ruutukokeet toteutettiin MTT:n Ruukin ja Maaningan toimipisteissä, ja ne osoittivat kokoviljan potentiaaliseksi säilörehun raaka-aineeksi. Kaikki kokeessa viljeltyt viljalajit ja -lajikkeet tuottivat korkean kuiva-ainesadon (n. 9 000–10 000 kg ka/ha) ja olivat satovarmoja. Korkein kuiva-ainesato (keskisato 10 600 kg ka/ha) saatiin ruisvehnä Somtrilla. Alhaisin satotaso oli keskimäärin ohralla. Kaura- ja vehnäsadot asetettiin ohran ja ruisvehnän välimaastoon. Yleisesti ottaen myöhäisemmät lajikkeet tuottivat suuremman sadon kuin aikaisemmat lajikkeet. Sadon D-arvo vaihteli lajikkeesta riippuen välillä 615–665 g/kg ka, mikä on säilörehunurmen D-arvotavoitetta (680–700 g/kg ka) matalampi. Kokoviljasäilörehun nurmea matalampi D-arvo ei kuitenkaan välttämättä ole ongelma ruokinnassa, sillä syönnin lisääntymisen on todettu kompensoivan huonompaa sulavuutta. Ohra oli tutkituista viljoista sulavinta, mikä kompensoi sen muita viljoja huonompaa sadontuottoa.

Ruokintakokeessa sonnien kasvutulokset olivat nurmisäilörehuruokinnalla 6–8 % paremmat kuin kokoviljasäilörehuruokinnalla. Kasvuerot olivat todennäköisesti suurimmaksi osaksi seurausta nurmisäilörehusonnien suuremmasta energian saannista, mikä selittyi kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua heikommalla sulavuudella. Myös kokoviljasäilörehuruokinnalla saavutettiin tässä tutkimuksessa hyvät kasvutulokset (nettokasvu kokeen aikana keskimäärin 618 g/pv), mikä osoittaa kokoviljasäilörehun olevan varteenotettava vaihtoehto lihanautatilan rehuviljelyssä. Valkuaistäydennys ei parantanut sonnien kasvua kokoviljasäilörehuruokinnalla. Lisääntynyt raakavalkuaisen saanti ja dieetin korkeampi PVT-arvo valkuaisäidäydennystä saaneilla ruokinnalla ei realisoitunut parempina kasvuvasteina, vaikka kokoviljasäilörehuruokinnan PVT-arvo oli ilman valkuaislisää nykyisiä suomalaisia lihanautojen ruokintasuosituksia (-10 g/kg ka) alemmalla tasolla. Tulosten perusteella maitorotuisten sonnien valkuaisen saanti on riittävä, kun rehuannoksen PVT on yli -20 g/kg ka ja dieetin raakavalkuaispitoisuus noin 110 g/kg ka.

Nurmen kalkitus -työpaketissa tutkittiin nurmen kalkitsemista runsasmultaisella hienohietamaalla MTT Ruukin tutkimusasemalla. Lisäksi päämääränä oli testata kalkituksen ja lannoitustavan (väkilannoite/karjanlanta toiselle sadolle) ja typen lannoitustason (suositusten mukainen/matala) yhdysvaikutuksia. Kokeessa seurattiin muutoksia maan perusviljavuudessa ja muutamissa maan hivenravinnepitoisuuksissa sekä kokoviljan ja nurmen sadontuottoa, ruokinnallista laatua, rehun kivennäisainepitoisuuksia sekä nurmen ravinnetaloutta. Alun perin osa-osaruutukokeena perustettu koe jaettiin myöhemmin laajan tulosaineiston ja karjanlantaruutujen erilaisen lannoituksen takia ”väkilannoite” ja ”karjanlanta” kokeiksi. Raportoivat tulokset testattiin siis kahtena osaruutukokeena, jossa uuden mallin mukaan molemmissa pääruutuna olivat ”kalkitus” ja ”ei kalkitusta” ja osaruutuina typen lannoitustasot ”suositus” (ympäristötuen sallima maksimimäärä) ja ”alennettu taso”.

Kalkitus lisäsi koejakson 2009–2014 aikana hieman vuosittaista nurmen kuiva-ainesatoa väkilannoitetulla nurmella. Karjanlantakokeen satotuloksissa ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Kalkituksen selkeät edut nurmituotannossa tulevat kuitenkin todennäköisimmin nurmirehun koostumuksen kautta. Kalkitus lisäsi nurmen sulavuutta, energia-arvoa, valkuaispitoisuutta ja vähensi kuitupitoisuutta. Magnesiumpitoisella kalkilla oli erittäin merkittävä vaikutus nurmen kivennäiskoostumukseen. Kalkitus lisäsi yleensä aina kalsiumin, magnesiumin ja fosforin pitoisuutta rehussa ja laskei rehun ekvivalenttiarvoa. Kalkitus laskei nurmirehun sinkki- ja mangaanipitoisuuksia. Kalkitus lisäsi nurmen ravinteiden hyödyntämistä. Kalkittu nurmi satoi kasvuunsa enemmän typpeä, fosforia, kalsiumia ja magnesiumia kuin ei-kalkittu nurmi. Nurmirehun paremman laadun taloudellista merkitystä nautakarjatilalla on vaikea laskea monien muuttujien vuoksi, mutta hyvälaatuisen säilörehun sekä lisääntyneen ravinteiden hyödyntämisen tuoma kate voi olla tuhansia euroja vuositasolla keskikokoisella nautakarjatilalla. Nurmen ravinnetaseet olivat kokeessa niin negatiiviset ja rehun sisältämien typen, fosforin ja kivennäisten pitoisuudet niin lähellä matalaksi luokiteltavia arvoja, ettei lannoitustasoja voi suositella laskettavan kalkitullakaan nurmella. Suositusten mukaisella typpilannoitustasolla (200 tai 230 kg N vuodessa) nurmen vuosittaiset hehtaarikohtaiset ravinnesadot olivat keskimäärin 250 kg N, 33 kg P ja 263 kg K. Vuosittaiset hehtaarikohtaiset ravinnetaseet olivat puolestaan -45 kg N, -17 kg P ja -101 kg K.

Nurmen kaliumlannoituksen tarkentaminen -työpaketin tavoitteena oli selvittää 1) maaperän ja sen kaliumtilan vaikutus kaliumlannoituksen satovasteeseen, 2) karjanlannan vaikutus kaliumlannoituksen satovasteeseen ja 3) miten kaliumlannoitus vaikuttaa rehun ravitsemukselliseen laatuun erilaisilla mailla. Tutkimus toteutettiin MTT:n Maaningan, Mikkelin ja Ruukin toimipisteissä. Tutkimus osoitti maan reservikaliumin olevan viljavuuskaliumia parempi kaliumlannoituksen suunnittelun lähtökohta. Kaliumlannoituksen määrä 50 kg/ha/v riitti täyttämään nurmen kaliumtarpeen kaikissa tilanteissa. Koelohkoilla myös lietteen kalium riitti täyttämään nurmen kaliumtarpeen. Näillä lohkoilla optimaalinen lannoitustaso on siten huomattavasti suositusten (130–170 kg/ha) alapuolella. Suosituksia muuttamalla voidaan saada huomattava säästö lannoituskustannuksiin.

Rehun ruokinnallisten ominaisuuksien seuraaminen osoittautui maan reservikaliumtilan lisäksi tärkeäksi kaliumlannoitusta suunniteltaessa. Kaliumlannoitus nosti nurmen kaliumpitoisuutta kaikilla koepaikkakunnilla kaikkina vuosina. Kaliumlannoitus heikensi nurmen ekvivalenttisuhdetta ($K/(Ca+Mg)$). Ekvivalenttisuhteen lisäksi nurmesta tutkittiin sen kationi-anionitasapaino ($DCAD, (K^+ + Na^+) - (Cl^- + S^{2-})$). Kaliumlannoituksen todettiin laskevan ja siten parantavan DCAD-arvoa. Lasku perustuu kaliumlannoitteen sisältämään klooriin. Tutkimuksen perusteella nurmien kaliumlannoituksen suunnittelun lähtökohtana tulisi olla maan reservikaliumanalyysi. Reservikaliumin lisäksi suositeltavaa on seurata lohkoistaista satotasoa sekä kasvuston kaliumpitoisuutta ja kivennäiskoostumusta.

Emolehmätilojen hiehonkasvatuksen mallinnus -työpaketissa selvitettiin tilojen välisen työnjaon mahdollisuuksia emolehmätilojen uudistuseläinten kasvatuksessa sekä etsittiin kustannustehokkaita tapoja tuottaa uudistuseläimiä. Lisäksi selvitettiin hiehojen rahtikasvatuksen kannattavuutta. Uudistuseläinten hankintamalleja vertailtaessa selvitykseen valittiin neljä erilaista toteutustapaa. Uudistusmallissa 1 (kontrolli) uudistuseläimet kasvatetaan tilalla itse, ja eläinten tiineyttämiseen käytetään sonnina. Uudistusmallissa 2 uudistuseläimet ostetaan tiineinä, jolloin tilan omat sonnit voivat olla kaikki raskaan rodun sonneja, ja vasi-koista kaikki lähtevät vieroituksen jälkeen loppukasvatukseen. Mallissa 3 uudistukseen käytettävät hiehot keinosiemennetään, ja tilalla on ainoastaan raskaan rodun sonneja astumassa vanhempia lehmiä. Malli 4 oli sinällään yksinkertainen, sillä siinä kaikki tilan eläimet keinosiemennetään. Tila ei tarvitse lainkaan siitossonneja. Tässä tutkimuksessa malli 1 eli uudistuseläinten kasvattaminen itse oli paras vaihtoehto. Erot eivät kuitenkaan olleet niin suuria, että tuloksesta voitaisiin vetää pitäviä johtopäätöksiä. Monet tilakohtaiset tekijät muuttavat asetelman helposti. Emotiloilla kannattavuuden kannalta hyvin oleellinen asia on pellon määrä ja rehuomavaraisuus sekä pelto- ja luomutuet. Tässä vertailussa tukia ei huomioitu. Rehut laskettiin markkinahinnoin. Tilakohtaisesti on hyvä arvioida, mikä menetelmä on emotilan käytäntöjen kannalta paras.

Jos uudistuseläinten tuotanto on omalla tilalla edullista, hiehon kasvatuksen ulkoistus ei tuo välttämättä erityistä lisähyötyä. Ulkoistamisen kannattavuuden emotilalla ratkaisee se, saadaanko tuotantoa tehostettua, eli käytännössä saadaanko emojen määrää lisättyä ulkoistamisen ansiosta. Tulosten perusteella päätoiminen uudistuseläimen kasvatusta on taloudellisesti haastavaa. Uudistuseläinten kasvattamon perustaminen ja päätoiminen pyörittäminen on vaikeaa, koska kannattava toiminta vaatii paljon kasvatettavia hiehoja. Lypsykarjapuolella hiehokasvatuksessa tulisi olla mielellään vähintään 150 hiehoa kasvatuksessa,

jotta toiminta olisi kannattavaa. Kasvattamon taloudellista toimintaa vaikeuttaa se, että kasvattamo ei saa tukia. Lisäksi päiväkasvatushinnan tulee olla juuri oikea, että se peittäisi kaikki aiheutuvat kulut. Toiminta sopisi emolehmätiloille tai muille nautatiloille, joilla on ylimääräisiä, toimivia rakennuksia. Tällöin kasvatustoiminta voisi tuoda lisäansioita päätuotannon ohessa.

Hankkeen viimeisessä työpaketissa kehitettiin lihanautojen rehun syöntipotentiaalin perustuva ruokinnan suunnittelu- ja tulosennusteohjelma. Ohjelma kehitettiin lihanautatilan strategisen suunnittelun tarpeisiin, ja se ennustaa valitulla kasvatusstrategialla saavutettavan kasvun, teuraspainon, lihakuus- ja rasvaluokan sekä teurastilin. Ohjelman sisältämiin biologisiin malleihin on linkitetty tiedot mm. rehukustannuksesta, lihan hinnasta sekä kasvatettavien eläinten kiertonopeuden ja tukipolitiikan vaikutuksista. Hankkeessa asetettujen tavoitteiden mukaisesti suunnitteluohjelma toimii tällä hetkellä loppukasvatettavien sonnien osalta. Myöhemmin on mahdollista laajentaa kokonaisuutta käsittämään myös teurashiehojen kasvatusta.

Suunnitteluohjelman lähtökohdaksi haluttiin ottaa eläimen rehun syöntipotentiaali vapaalla seosrehuruokinnalla. Syöntipotentiaali määritetään syöntikykyä ennustavan mallin sekä rehuarvojen (analyysitulokset ja taulukkoarvot) perusteella. Ohjelmassa toteutettava ruokinnan suunnittelu perustuu käytävissä oleviin kotoisiin rehuihin sekä ostorehuihin. Ohjelman rehuvarastossa oleville rehuille syötetään rehuanalyysitulosten mukaiset arvot tai käytetään virallisten rehutaulukoiden rehuarvoja. Ohjelma laskee rehuannoksen koostumuksen ja syöntipotentiaalin perusteella, paljonko eläin syö rehua kussakin elopainoluokassa. Syöntimäärän ja rehuseoksen energiapitoisuuden perusteella muodostuu energian saanti (MJ/pv), joka puolestaan määrittää sen kasvutason, joka kyseisellä ruokinnalla voidaan saavuttaa. Energian saantia vastaava kasvutaso lasketaan rehutaulukoiden ja ruokintasuositusten perusteella.

Kasvutuloksen perusteella lasketaan, missä ajassa eläin saavuttaa tietyn teuraspainon, ja paljonko kyseiseen tulokseen pääsemiseen tarvitaan rehua. Tietojen pohjalta voidaan valita haluttu kasvatusaika tai teuraspaino sekä saada tietoon tarvittava rehukomponenttien määrä. Laskurissa olevat rehujen hinnat ovat päivitettäviä tietoja, jotka kertovat rehukustannuksen kasvatuskauden aikana. Ohjelma tuo uusia keinoja lihanautojen loppukasvatuksen ruokinnan suunnitteluun ja tuloksen hallintaan. Se antaa hyvät mahdollisuudet tuloksen suunnitteluun ennakolta. On tärkeää, että tuottaja voi rehun ja lihan hintojen vaihdellessa testata etukäteen ruokinnan ja kasvunopeuden vaikutuksia taloudelliseen tulokseen ruokintajaksoittain ja vuositasolla. Ohjelmaa testataan parasta aikaa erilaisissa suunnittelutilanteissa todellisilla tila-aineistoilla. Ohjelma on saatavilla Maatila2020-sivustolla osoitteessa maatila2020.savonia.fi ja MTT Ruukin hankesivustolla osoitteessa www.mtt.fi/ruukki.

Avainsanat:

naudanlihanuotanto, ruokinta, kokoviljasäilörehu, viljat, lajikkeet, ohra, kaura, vehnä, ruisvehnä, satotaso, rehuarvot, sonnit, valkuainen, kasvu, syönti, ruhon laatu, nurmet, kalkitus, karjanlanta, väkilannoitus, kivennäiset, kalium, reservikalium, liete, DCAD, emolehmätuotanto, uudistuseläimet, hiehot, ulkoistaminen, tuotantokustannukset, hankintakustannukset, kannattavuus, tulosennuste

Alkusanat

Kehitystä naudanlihantuotantoon -hankkeen tavoitteena oli parantaa suomalaisen naudanlihantuotannon kannattavuutta ja tehostaa lihanautatilojen sekä lihanjalostusteollisuuden kilpailukykyä. Hankkeessa pyrittiin muun muassa parantamaan rehuntuotannon kustannustehokkuutta, lisäämään suunnitelmallisuutta emolehmätilojen eläinaineksen hankintaan ja uudistamiseen sekä kehittämään tutkittuun tietoon pohjautuva tilatason laskentatyökalu lihanautatiloille. Käsillä olevaan julkaisuun on koottu hankkeen keskeisimmät tulokset, joiden toivotaan osaltaan palvelevan suomalaisen nautasektorin kehittämistä.

Kehitystä naudanlihantuotantoon -hanke toteutettiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) ja Savonia-ammattikorkeakoulun yhteishankkeena. Hankehallinnosta vastasi MTT. Hanketta rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat Hankkija Oy ja Nordkalk Oy.

Hankkeen etenemistä seurasi ohjausryhmä, joka antoi arvokasta palautetta hanketyöntekijöille. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Harri Jalli (HKScan Finland) ja ohjausryhmän jäseninä olivat Risto Kauppinen (Savonia-ammattikorkeakoulu), Erkki Joki-Tokola (MTT), Pirjo Hissa (Hankkija Oy), Mikko Jylhä (Nordkalk Oy), Vesa Hihnala (Snellman Oy), Paavo Ryymin/Susanna Vehkaoja (Atria Oy), Kukka Kukkonen (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus) sekä Pohjois-Pohjanmaan alueen naudanlihantuottajien edustajina Juho Isopahkala, Hannu Taanila ja Mikael Myllylä. Hankkeen toteuttajat kiittävät rahoittajia, yhteistyökumppaneita ja ohjausryhmää erittäin hyvästä ja toimivasta yhteistyöstä.

Vesannolla 20.11.2014

Arto Huuskonen

MTT Kotieläintuotannon tutkimus

Sisällysluettelo

1 Eri viljalajikkeiden satoisuus ja rehuarvo kokoviljasäilörehuksi korjattuna	9
1.1 Johdanto	10
1.2 Aineisto ja menetelmät	10
1.2.1 Maa-analyysit	10
1.2.2 Kylvö ja lannoitus	10
1.2.3 Havainnot, korjuu ja reuanalyysit	11
1.2.4 Tilastolliset menetelmät	12
1.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	12
1.3.1 Kasvukauden sää	12
1.3.2 Kuiva-ainesato	14
1.3.3 D-arvo	15
1.3.4 Energiasato	16
1.3.5 Muu ruokinnallinen laatu	17
1.3.6 Seokset	18
1.3.7 Lako	18
1.3.8 Kasvu-aika	20
1.4 Yhteenveto ja johtopäätökset	22
1.5 Kirjallisuus	23
2 Valkuaistäydennyksen merkitys kasvavien sonnien kokoviljasäilörehuruokinnalla	29
2.1 Johdanto	30
2.2 Aineisto ja menetelmät	30
2.2.1 Koe-eläimet ja koeolosuhteet	30
2.2.2 Rehut ja ruokinta	31
2.2.3 Rehunäytteiden otto, esikäsitely ja analysointi	32
2.2.4 Ruokintojen sulavuus	32
2.2.5 Teurastus	32
2.2.6 Tilastollinen analyysi	32
2.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	33
2.3.1 Kokeessa käytettyjen rehujen koostumus	33
2.3.2 Ruokintojen sulavuus	34
2.3.3 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti	35
2.3.4 Kasvu ja rehun hyväksikäyttö	36
2.3.5 Teurastulokset	37
2.4 Yhteenveto ja johtopäätökset	37
2.5 Kirjallisuus	38
3 Kalkitsemalla laadukasta nurmirehua nautakarjalle	41
3.1 Johdanto	42
3.2 Aineisto ja menetelmät	43
3.3 Säätulokset	46
3.4 Kalkitus nosti maan viljavuusluokkaa	46
3.4.1 Väkilannoitettu nurmi	47
3.4.2 Karjanlanta osa nurmen lannoitusta	48
3.4.3 Lannoitusten vaikutukset maan ravinnepitoisuuksiin koejaksolla 2009–2014	49
3.5 Kalkitus lisäsi yleensä hieman nurmen satoa	50
3.5.1 Väkilannoitetun nurmen kuiva-ainesadot 2009–2014	50
3.5.2 Karjanlanta osana nurmen lannoitusta 2012–2014	54
3.5.3 Kuiva-ainesadon ja maaperän ominaisuuksien yhteys koejäsenet yhdistävässä aineistossa	54
3.6 Kalkitus lisäsi rehun ruokinnallista arvoa ja pääkivennäisten pitoisuuksia	56
3.6.1 Sulavuus ja valkuaisarvot	56
3.6.2 D-arvon ja maan pH:n selkeä yhteys	57
3.6.3 Kivennäiskoostumuksen paraneminen	61
3.7 Kalkitus lisäsi ravinteiden hyödyntämistä	63
3.7.1 Kalkitus paransi typen, fosforin, kalsiumin ja magnesiumin hyödyntämistä	63

3.7.2 Kalkki keskeinen kalsium- ja magnesiumlähteenä - karjanlannan rooli epäselkeä	64
3.7.3 Nurmella erittäin negatiiviset ravinnetaseet koekäsittelyistä riippumatta	65
3.8 Kalkituksella edullinen vaikutus nurmituotannon talouteen	69
3.8.1 D-arvon nousulla talousvaikutus jo keskikokoisella karjatilalla	69
3.8.2 Nurmikierron parantunut ravinnetalous kattaa osan kalkituskustannusta	70
3.8.3 Kalkituksen kokonaisvaikutukset tuotannon talouteen selvittämättä	70
3.9 Johtopäätökset	70
3.10 Kirjallisuus	71
4 Nurmien kaliumlannoitustarve	91
4.1 Johdanto	92
4.2 Aineisto ja menetelmät	92
4.2.1 Lannoitus	92
4.2.2 Niitto ja kasvustohavainnot	95
4.2.3 Maanäytteet	97
4.2.4 Tilastolliset menetelmät	97
4.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	99
4.3.1 Kasvukauden sää	99
4.3.2 Kaliumpitoisuuden muutokset maassa	102
4.3.3 Kuiva-ainesato ja talvituhot	104
4.3.4 D-arvo	106
4.3.5 K-pitoisuus	107
4.3.6 KN-suhde	109
4.3.7 Ekvivalenttisuhte	109
4.3.8 DCAD	110
4.3.9 Kaliumtase	113
4.4 Yhteenveto ja johtopäätökset	114
4.5 Kiitokset	115
4.6 Kirjallisuus	115
5 Uudistuseläinten kasvatuksen ulkoistaminen emolehmätuotannossa	127
5.1 Johdanto	128
5.2 Aineisto ja menetelmät	128
5.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	128
5.4 Yhteenveto ja johtopäätökset	130
5.5 Kirjallisuus	130
6 Hiehojen hankintakustannukset emolehmätilalla	131
6.1 Johdanto	132
6.2 Aineisto ja menetelmät	132
6.2.1 Viisi hiehojen hankintamallia	132
6.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	133
6.4 Yhteenveto ja johtopäätökset	133
7 Hiehojen rahtikasvatuksen kannattavuus emotiloilla	134
7.1 Johdanto	135
7.2 Aineisto ja menetelmät	135
7.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	135
7.4 Yhteenveto ja johtopäätökset	136
8 Ruokinnansuunnittelu- ja tulosennusteohjelma lihanautojen loppukasvatukseen	138
8.1 Johdanto	139
8.2 Rehun syöntikyky ja syöntimalli	139
8.3 Syöntipotentiaali perusteena ruokinnan suunnittelussa	140
8.4 Teurastilin laskenta	140
8.5 Ohjelman toiminnallinen rakenne	140
8.5.1 Lähtötiedot	141
8.5.2 Vuosisuunnittelu	141
8.5.3 Rehuerän suunnittelu	142
8.5.4 Rehujen annostelu	143
8.6 Yhteenveto ja johtopäätökset	143
8.7 Kirjallisuus	144

1 Eri viljalajikkeiden satoisuus ja rehuarvo kokoviljasäilörehuksi korjattuna

Sanna Kykkänen¹, Arto Huuskonen², Maarit Hyrkäs¹, Raija Suomela², Essi Saarinen² ja Perttu Virkajärvi²

¹ MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@mtt.fi

² MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Tässä tutkimuksessa testattiin nykyisin saatavilla olevien viljalajikkeiden satopotentiaalia ja rehun laatua kokoviljasäilörehuksi korjattuna Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen Maaningan ja Ruukin toimipisteissä vuosina 2012 ja 2013. Tutkimukseen valittiin kahdeksan ohra-, kuusi vehnä- ja neljä kauralajiketta, yksi ruisvehnälaajike sekä kaksi seosta (ohran, kauran ja kevätvehnän seos sekä kevätvehnän ja syysruisvehnän seos). Koejäseniä oli siis yhteensä 21. Kokeen kylvöruudun koko oli 12 m², ja koe perustettiin kolmena kerranteena. Kasvukauden aikana koealueille tehtiin silmämääräiset tiheys-, orastumis-, tähkintä-, lako-, rikkakasvi- ja tautihavainnot. Korjuu ajoitettiin taikinatuleentumisasteelle, ja siten korjuuaika vaihteli koejäsenten välillä riippuen lajikkeiden kehitysrytmistä. Korjuun yhteydessä koeruuduilta kerättiin kasvustonäytteet sadon kemiallisen koostumuksen ja rehuarvon määrittämiseksi.

Koe osoitti kokoviljan potentiaaliseksi säilörehun raaka-aineeksi. Kasvukausi ei rajoittanut viljelyä kummallakaan koepaikalla. Kaikki kokeessa viljeltyt lajit ja lajikkeet tuottivat korkean kuiva-ainesadon (n. 9 000–10 000 kg ka/ha) ja olivat satovarmoja. Korkein kuiva-ainesato (keskisato 10 600 kg ka/ha) saatiin ruisvehnä Somtrilla. Alhaisin satotaso oli keskimäärin ohralla. Kaura- ja vehnäsadot asettuivat ohran ja ruisvehnän välimaastoon. Yleisesti ottaen myöhäisemmät lajikkeet tuottivat suuremman sadon kuin aikaisemmat lajikkeet. Sadon D-arvo vaihteli lajikkeesta riippuen välillä 615–665 g/kg ka, mikä on säilörehunurmen D-arvotavoitetta (680–700 g/kg ka) matalampi. Kokoviljasäilörehun nurmea matalampi D-arvo ei kuitenkaan välttämättä ole ongelma ruokinnassa, sillä syönnin lisääntymisen on todettu kompensoivan huonompaa sulavuutta. Ohra oli tutkituista viljoista sulavinta, mikä kompensoi sen huonompaa sadontuottoa. Kokoviljojen raakavalkuaispitoisuus oli alle 100 g/kg ka, kun nurmisäilörehussa se vaihtelee yleensä keskimäärin välillä 145–170 g/kg ka riippuen kehitysvaiheesta ja korjuukerrasta. Ruokinnassa kokoviljasäilörehun matala raakavalkuaispitoisuus voidaan nähdä etuna, sillä kokoviljan käyttö laskee rehuannoksen typpipitoisuutta, mikä puolestaan parantaa typen hyväksikäyttöä. Esimerkiksi lypsylehmien seosrehuruokinnassa on mahdollista korvata osa nurmi- tai nurmipalkokasvisäilörehusta kokoviljalla. Sonniin ruokinnassa ollaan puolestaan yleensä aina tilanteessa, jossa varsinaista valkuaislisää ei tarvita.

Seosviljelystä ei tässä tutkimuksessa ollut sadon tuoton tai sen laadun kannalta hyötyä. Seosviljelyn hyötyinä oli kuitenkin vähäinen lakoontuminen verrattuna puhtaisiin kasvustoihin. Ohra oli vehnään, kauraan ja ruisvehnään verrattuna aikainen. Nurmen perustamisen kannalta olisi hyvä, jos edeltävän kasvin korjuu ajoittuisi viimeistään elokuun lopulle. Jos suojavilja korjataan kokoviljasäilörehuksi, tulisi korjuu tehdä, aluskasvista riippuen, heinäkuun puolenvälin jälkeen ja viimeistään elokuun puolivälissä. Apilanurmilla suojavilja kannattaa poistaa heinänuurmia aiemmin, mieluiten heinäkuussa tai viimeistään elokuun alussa. Kokeessa ohra korjattiin kumpanakin vuonna ennen elokuun loppua. Kasvukausi 2012 oli sateinen ja melko viileä, mikä johti Ruukissa vehnän ja kauran korjuun ajoittumiseen syyskuulle. Kokeessa ainoana ruisvehnälaajikkeena viljelty Somtri oli viljoista myöhäisin. Sen korjuuajankohta vaihteli elokuun lopusta syyskuun lopulle. Siten ohra on varmin kokoviljakasvi nurmen suojaviljana viljeltäessä, joskin aikaisimmilla vehnä- ja kauralajikkeilla on todennäköistä onnistua viileinä ja sateisinakin vuosina. Kasvuaiakerot lajikkeiden välillä olivat suurimmat ohralla. Kaiken kaikkiaan lajike-erot tulivat selvästi esiin sääoloiltaan poikkeuksellisen sateisena ja viileänä vuonna.

Avainsanat:

kokoviljasäilörehu, viljat, lajikkeet, ohra, kaura, vehnä, ruisvehnä, satotaso, rehuarvo

1.1 Johdanto

Nurmisäilörehu on eniten käytetty rehu suomalaisessa nautanlihantuotannossa. Kiinnostus kokoviljasäilörehuun joko vaihtoehtoisena rehuna tai nurmisäilörehun täydentäjänä on kuitenkin lisääntynyt kokoviljasäilörehun alhaisten tuotantokustannusten ja viljelyteknisten etujen (Turunen 2003, Walsh ym. 2008) sekä kohtalaista nurmisäilörehua vastaavien rehuarvojen vuoksi (Nousiainen 2003). Kokoviljasäilörehusato säilötään anaerobisesti siten, että viljakasvin jyvät, korsi ja lehdet ovat sekoittuneena keskenään. Kokoviljasäilörehuksi korjattava viljakasvusto voidaan korjata nurmirehun korjuukalustolla ja varastoida nurmisäilörehun tavoin. Siten nautakarjatilan rehunkorjuussa tarvitaan parhaimmillaan vain yksi korjuukoneketju. Nurmisäilörehun korjuu- ja säilöntämenetelmien käyttö viljan korjuuseen tulee huomattavasti edullisemmaksi kuin jyväsadon leikkuupuinti ja sadon varastointi kuivaamalla. Kokoviljasäilörehun nykyistä laajamittaisemmalla käytöllä olisikin mahdollista alentaa nautatilojen rehuntuotantokustannuksia.

Kun viljakasvusto korjataan kokoviljasäilörehuksi, viljelyssä on mahdollista käyttää myöhäisempiä lajikkeita kuin puitavalla viljalla. Myöhäisillä lajikkeilla on puolestaan mahdollista saavuttaa aikaisia lajikkeita suurempia satotasoja. Viimeisimmät laajamittaiset viljalajikkeiden vertailut kokoviljasäilörehuntuotantoa ajatellen on Suomessa toteutettu noin 15 vuotta sitten (Aikasalo ym. 1999), ja lajikekanta on sen jälkeen vaihtunut käytännössä kokonaan. Tämän vuoksi Kehitystä nautanlihantuotantoon -hankkeessa katsottiin aiheelliseksi testata nykyisin saatavilla olevien viljalajikkeiden satopotentiaalia ja rehun laatua kokoviljasäilörehuksi korjattuna.

1.2 Aineisto ja menetelmät

Kokoviljasäilörehujen satoisuutta ja sadon laatua tutkittiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen Maaningan ja Ruukin toimipisteissä vuosina 2012 ja 2013. Tutkimusta varten koepaikoille perustettiin ruutukokeet satunnaistettujen lohkojen kokeen periaatteella.

1.2.1 Maa-analyysit

Koelohkoilta otettiin keväällä kokoomamaanäytteet kyntökerroksesta (0–20 cm) (Taulukko 1). Kokoomanäyte koostui useammalta koealalta otetusta osanäytteestä, jotka sekoitettiin tasalaatuisiksi. Näytteet analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Maa-analyysissä selvitettiin koelohkojen perusviljavuus. Maan pH ja johtoluku määritettiin maa-vesisuspensiosta (v/v 1:2,5) Viljavuuspalvelu Oy:n käytännön mukaisesti (Vuorinen ja Mäkitie 1955). Lisäksi määritettiin happamaan ammoniumasetaattiin (0,5 M CH₃COONH₄, 0,5 M CH₃COOH; pH 4,65) uuttuvan heppoliukoisen fosforin (P), kalsiumin (Ca), kaliumin (K), magnesiumin (Mg) ja rikin (S) pitoisuudet. Hehikutushäviö saatiin polttamalla maanäyte 550 °C:ssa. Maalaji ja multavuus määritettiin aistinvaraisesti.

Taulukko 1. Koelohkojen viljavuus (0–20 cm) vuosina 2012 ja 2013.

	Maaninka 2012	Maaninka 2013	Ruukki 2012	Ruukki 2013
Maalaji	HHt	HtMr	KHt	KHt
Multavuus	m	m	rm	rm
Johtoluku (10×mS/cm)	0,9	0,7	0,8	1,1
pH	6,6	6,6	6,7	6,7
Ca (mg/l)	1 300	1 100	1 210	1 790
P (mg/l)	16	17	30,4	23,8
K (mg/l)	170	170	45	140
Mg (mg/l)	100	82	64	180
S (mg/l)	7,1	< 2,9	10	11
Hehikutushäviö (%)	4,1	4,6	11	

1.2.2 Kylvä ja lannoitus

Tutkimukseen valittiin kahdeksan ohra-, kuusi vehnä- ja neljä kauralajiketta, yksi ruisvehnälaajike sekä kaksi seosta (Taulukko 2). Koejäseniä oli siten yhteensä 21. Kokeen kylvöruudun koko oli 12 m² ja koe-ruudun koko mitattiin aina korjuun jälkeen. Koe perustettiin kolmena kerranteena. Kunkin kerranteen päähän kylvettiin suojaruutu ohraa (Saana). Koealat lannoitettiin siten, että kaikki koejäsenet saivat typpeä 90 kg/ha Maaningalla ja 82 kg/ha Ruukissa. Muulta osin lannoitus noudatti ympäristötukiehtoja (Taulukko 3).

Taulukko 2. Kokeen lajikkeet ja siemenmäärät vuosina 2012 ja 2013.

Koejäsenet	Lajikkeet	Siemenmäärä
Ohra, 8 kpl	Brage, Saana, Toria, Streif, Grace, Amber, Trekker, Tocada	500 kpl/m ²
Kevätvehnä, 6 kpl	Anniina, Wappu, Bjarne, Wellamo, Marble, Puntari	650 kpl/m ²
Kaura, 4 kpl	Wilhelmina, Roope, Iiris, Belinda	500 kpl/m ²
Seos 1 (ohra:kaura:kevävehnä)	Ohra (Tocada) Kaura (Wilhelmiina) Kevätvehnä (Anniina)	250 kpl/m ² 150 kpl/m ² 130 kpl/m ²
Seos 2 (kevävehnä:syysruisvehnä)	Kevätvehnä (Wappu) Syysruisvehnä (Kinerit)	520 kpl/m ² 130 kpl/m ²
Kevätruisvehnä	Somtri	450 kpl/m ²

Taulukko 3. Lannoitus koevuosina 2012 ja 2013.

	Maaninka 2012	Maaninka 2013	Ruukki 2012	Ruukki 2013
Lannoite	Pellon Y3, 391 kg/ha	Pellon Y3, 391 kg/ha	Pellon Y4, 402 kg/ha	Pellon Y4, 402 kg/ha
N	90	90	82	82
P	12	12	8	8
K	31	31	48	48
S	12	12	8	8

1.2.3 Havainnot, korjuu ja rehuanalyysit

Kasvukauden aikana koealueille tehtiin silmämääräiset tiheys-, orastumis-, tähkintä-, lako-, rikkakasvi- ja tautihavainnot. Torjuntatoimia tehtiin tarpeen mukaan (Taulukko 4). Korjuu ajoitettiin taikinatuulentu-
misasteelle, ja siten korjuu-aika vaihteli koejäsenten välillä riippuen lajikkeiden kehitysrytmistä. Korjuu-
päivänä koeruudut valokuvattiin, ja niistä määritettiin korkeus ja ruutusato. Ruuduista havainnoitiin mah-
dolliset taudit, lakoontumiset ja vauriot (esim. naakkavauriot). Jos kasvustossa esiintyi vaurioita, vaurioi-
tunut osa rajattiin ennen korjuuta koeruudun ulkopuolelle.

Korjattu ala mitattiin koeruudun niittämisen jälkeen. Kustakin ruudusta otettiin kasvustonäyte kuiva-
aineen ja sadon kemiallisten ominaisuuksien määrittämiseksi. Näyte koottiin viidestä noin 100–200
gramman osanäytteestä. Osanäytteet leikattiin kasvuston niittokorkeudesta ennen varsinaista korjuuta.
Osanäytteet yhdistettiin, minkä jälkeen kokonaisnäyte silputtiin tasalaatuisiksi. Ruuduittain kuivattiin
kaksi 200 gramman näytettä 60 °C:ssa noin kahden vuorokauden ajan.

Näytteistä analysoitiin kemiallinen koostumus [kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, neutraalidetergentti-
kuitu (NDF), sokeri ja D-arvo] sekä rehuarvot (muuntokelpoinen energia, OIV ja PVT). Tuhka, raakaval-
kuainen sekä orgaanisen aineen sellulaasiliukoisuus määritettiin MTT:n Kotieläintuotannon tutkimuksen
laboratoriossa Jokioisissa. Tuhkapitoisuus määritettiin polttamalla näytettä 600 °C:ssa kahden tunnin ajan
(AOAC 1990). Raakavalkuaisen määrittäminen tehtiin Dumas-tyypin typpianalyysaattorilla (Leco FP-428 N Ana-
lyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA). D-arvot laskettiin tuhasta ja orgaanisen aineen sellu-
laasiliukoisuudesta käyttäen kokoviljasäilörehulle tarkoitettua muunnoskaavaa (Huhtanen ym. 2006).
NDF-pitoisuus analysoitiin Valio Oy:n Seinäjoen aluelaboratoriossa NIR-menetelmällä (Nousiainen ym.
2004). Muuntokelpoisen energian pitoisuus laskettiin kaavalla: D-arvo × 0,0155 (MAFF 1975, 1981,
1984, MTT 2014). Rehujen valkuaisarvot laskettiin Suomen olosuhteisiin muunnetun pohjoismaisen
valkuaisarvojärjestelmän mukaan ohutsuolesta imeytyvinä aminohappoina (OIV) ja pötsin valkuaisarvo-
na (PVT) (Tuori ym. 1998, MTT 2014).

Taulukko 4. Viljelytoimien ajoittuminen Maaningalla ja Ruukissa koevuosina 2012 ja 2013.

Viljelytoimi		Maaninka 2012	Maaninka 2013	Ruukki 2012	Ruukki 2013
Maanäytteiden otto		21.5.	20.5.	22.5.	29.5.
Lannoitus		22.5.	20.5.	30.5.	29.5.
Kylvö		22.5.	20.5.	30.5.	29.5.
Rikkatorjunta		14.6.*	-	-	13.6. ja 25.6.**
Korjuu pvm					
Ohra	Brage	10.8.	23.7.	6.8.	2.8.
Ohra	Saana	10.8.	23.7.	16.8.	2.8.
Ohra	Toria	15.8.	23.7.	16.8.	2.8.
Ohra	Streif	15.8.	23.7.	16.8.	2.8.
Ohra	Grace	17.8.	23.7.	16.8.	2.8.
Ohra	Amber	10.8.	23.7.	23.8.	2.8.
Ohra	Trekker	15.8.	23.7.	23.8.	2.8.
Ohra	Tocada	15.8.	23.7.	23.8.	2.8.
Vehnä	Anniina	20.8.	6.8.	10.9.	16.8.
Vehnä	Wappu	20.8.	6.8.	10.9.	16.8.
Vehnä	Bjarne	20.8.	12.8.	10.9.	16.8.
Vehnä	Wellamo	24.8.	8.8.	10.9.	16.8.
Vehnä	Marble	24.8.	16.8.	10.9.	16.8.
Vehnä	Puntari	24.8.	16.8.	25.9.	16.8.
Kaura	Wilhelmina	15.8.	16.8.	10.9.	23.8.
Kaura	Roope	20.8.	16.8.	10.9.	23.8.
Kaura	liris	20.8.	16.8.	10.9.	23.8.
Kaura	Belinda	20.8.	16.8.	10.9.	23.8.
Ohra/kaura/vehnä	seos 1***	17.8.	29.7.	30.8.	16.8.
Kevätvehnä/syysruisvehnä	seos 2****	20.8.	6.8.	10.9.	16.8.
kevätruisvehnä	Somtri	6.9.	26.8.	25.9.	26.8.

*Ariane + Roxion 2 l / ha + 0,5 l / ha **Ariane 2 l / ha

*** Tocada/Wilhelmiina/Anniina **** Wappu/Kinerit

1.2.4 Tilastolliset menetelmät

Tulosten tilastollinen testaus tehtiin SAS 9.3 -tilasto-ohjelman MIXED -proseduurilla. Kukin paikkakunta ja vuosi testattiin erikseen. Sadon määrää ja laatua testattiin mallilla, jossa kiinteänä muuttujana oli lajikkeet/seokset ja satunnaismuuttujana oli kerranne. Kasvilajeja (ohra, kaura, vehnä) verrattiin toisiinsa kontrastien avulla. Kevätruisvehnän (Somtri) tapauksessa vertailu tehtiin puhtaiden kasvustojen (ohra, kaura, vehnä) keskiarvoon. Seos 1:stä verrattiin sen sisältämien lajikkeiden osuuksien mukaiseen painotettuun keskiarvoon. Seos 2:n tapauksessa vertailu tehtiin vain seoksen toiseen lajikkeeseen (Wappu).

1.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

1.3.1 Kasvukauden sää

Kuvaan 1 on koottu koejakson lämpötila- ja säätiedot. Vuosi 2012 oli tavanomaista huomattavasti sateisempi sekä Maaningalla että Ruukissa. Vuoden 2013 kasvukausi oli etenkin Ruukissa tavanomaista lämpimämpi sadannan ollessa lähellä pitkänajan keskiarvoa.

Maaninka 2012

Kasvukausi alkoi 6.5. Sekä keskilämpötila että sadesumma olivat toukokuussa lähellä pitkänajan keskiarvoa. Kesäkuu oli huomattavasti pitkänajan keskiarvoa (66 mm) sateisempi (131 mm) ja hieman keskimääräistä viileämpi. Myös heinäkuussa satoi paljon (131 mm) vertailukauden sademäärään (77 mm) verrattuna. Heinäkuun keskilämpötila oli tavanomainen. Elokuussa satoi hieman keskiarvoa (75 mm) vä-

hemmän, noin 56 mm. Kuukauden keskilämpötila oli pitkänajan keskiarvoa vastaava. Syyskuu oli tavanomaista sateisempi, mutta lämpötila pysyi edelleen pitkän ajan keskiarvossa. Kasvukauden lämpösusma (1 260 °C vrk) oli 10 astetta pitkänajan keskiarvon (1 250 °C vrk) yläpuolella.

Ruukki 2012

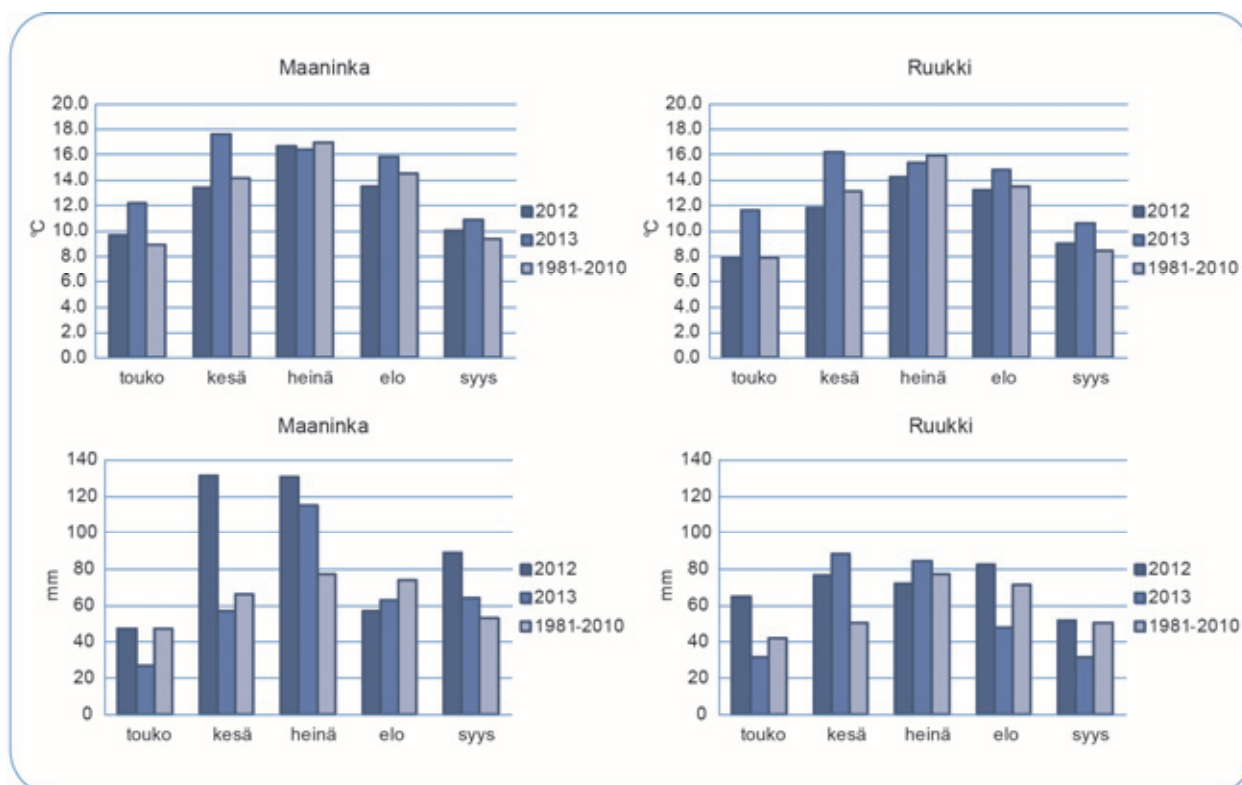
Kasvukausi alkoi 7.5. Toukokuussa satoi hieman tavanomaista (42 mm) enemmän, noin 64 mm. Lämpötila vastasi pitkänajan keskiarvoa. Kesäkuu jatkui sateisena. Sadesummaa kertyi 76 mm, mikä oli 26 mm enemmän kuin pitkänajan keskiarvo. Kesäkuu oli myös hieman tavanomaista viileämpi. Heinäkuussa sadesumma oli lähellä keskiarvoa. Sen sijaan elokuu oli hieman tavanomaista sateisempi. Sadesummaksi kertyi 85 mm. Heinä- ja elokuun keskilämpötilat eivät poikenneet juurikaan pitkänajan keskiarvosta. Syyskuu oli sekä sateiden että lämpötilan osalta lähellä keskiarvoa. Lämpösusmaa kertyi 1 057 °C vrk, mikä on hyvin lähellä pitkän ajan keskiarvoa (1 053 °C vrk).

Maaninka 2013

Kasvukausi alkoi 6.5. Toukokuun keskilämpötila oli hieman tavanomaista korkeampi ja sadanta pitkänajan keskiarvoon (47 mm) verrattuna vähäistä (27 mm). Kesäkuun sademäärä (57 mm) oli lähellä keskiarvoa (66 mm) ja keskilämpötila muutaman asteen keskiarvon yläpuolella. Heinäkuun keskilämpötila oli lähes pitkänajan keskiarvoa vastaava, mutta kuu oli tavanomaista (77 mm) sateisempi (115 mm). Elo- ja syyskuun keskilämpötilat olivat asteen pitkänajan keskiarvoa korkeammat. Elokuu oli hieman keskivertoa (75 mm) kuivempi (63 mm) ja syyskuu sateisempi (64 mm, pitkän ajan keskiarvo 53 mm). Kasvukauden lämpösusmaksi muodostui 1 513 °C vrk, mikä oli pitkänajan keskiarvoa (1 250 °C vrk) korkeampi.

Ruukki 2013

Kasvukausi alkoi 6.5. Toukokuun keskilämpötila oli lähes neljä astetta vertailukauden keskiarvoa korkeampi ja sadetta saatiin tavanomaista (41 mm) vähemmän (31 mm). Kesäkuu oli poikkeuksellisen lämmin ja sateinen. Heinäkuun keskilämpötila ja sadanta olivat lähellä pitkänajan keskiarvoja (15,9 °C ja 77 mm). Elo- ja syyskuu olivat tavanomaista lämpimämpiä ja kuivempia. Kasvukauden lämpösusmaksi muodostui 1 379 °C vrk, mikä oli yli 319 astetta tavanomaista enemmän.

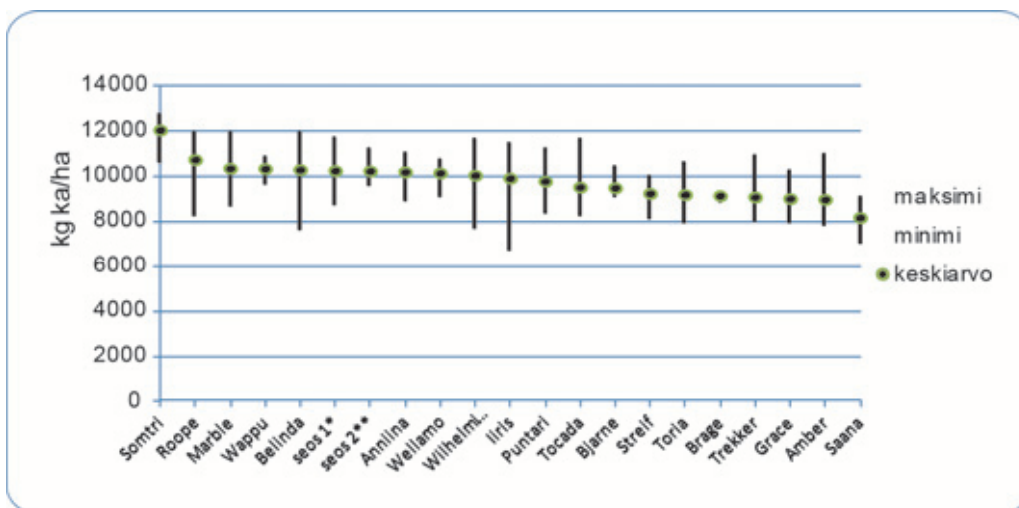


Kuva 1. Touko-syyskuun keskilämpötila ja sadanta Maaningalla ja Ruukissa koevuosina 2012 ja 2013. Vertailuarvona pitkänajan (1981–2010) keskiarvo.

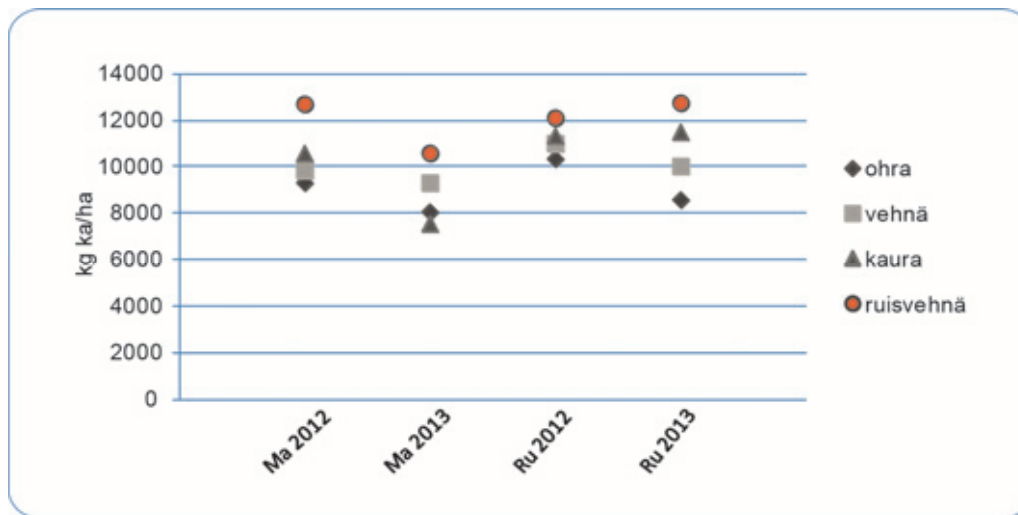
1.3.2 Kuiva-ainesato

Kokoviljan sadontuotto oli koevuosina korkea viljalajista ja lajikkeesta riippumatta (Kuvat 2 ja 3, Liitteet 1–4). Keskimääräinen satotaso oli 10 000 kg ka/ha ja lajikeetasollakin kaikki ylittivät 8 000 kg ka/ha satotason, mitä voidaan pitää huomattavan korkeana. ProAgrian ylläpitämästä lohkotietopankista saatavan tiedon perusteella kokoviljan keskisato Suomessa on vain noin 3 000 kg ka/ha. Tilojen paras neljänneksen ei yllä juuri yli 5 000 kg:n kuiva-ainesatoon. Tässä raportoitavan kokeen keskisato (10 000 kg ka/ha) vastaa melko tarkkaan säilörehunurmilta koeolosuhteissa saatavaa vuotuista satoa (esim. Virkajärvi ym. 2013). Korkeaa satotasoa suhteessa lohkotietopankin tietoihin selittää suotuisten koevuosien ja koeolosuhteiden lisäksi se, että useimmat käytännön tilat korjaavat nurmen suojaviljan kokoviljana, jolloin korjuu täytyy tehdä sadon maksimoinnin kannalta liian aikaisin, viimeistään elokuussa. Toisaalta koeolosuhteissa säästyään myös korjuutappiolta. Sääolosuhteilla on vaikutusta kokoviljasadon kehittymiseen: jos helteet osuvat aikaiseen vaiheeseen tähkälle tulon jälkeen, voi sato alkaa tuleentua kuiva-ainesadon kannalta liian aikaisin. Koevuosien säät olivat sadon määrän kehittymisen kannalta suotuisat, koska sadanta oli runsasta eikä pitkiä hellejaksoja esiintynyt. Kokeen satotasoa voidaan pitää suhteellisen korkeana myös koeolosuhteissa (Anon ym. 1999, Suokannas ym. 2003).

Viljalajeista ruisvehnä Somtrin keskisato (10 600 kg ka/ha) oli sekä Maaningalla että Ruukissa kumpanakin koevuotena viljoista korkein. Ero oli myös tilastollisesti merkitsevä ($p \leq 0,001$). Suurin sato saatiin ruisvehnällä vuonna 2012 Maaningalla (noin 12 800 kg ka/ha). Viljoista alhaisin satotaso oli keskimäärin ohralla (Kuva 3). Ainoastaan Maaningalla vuonna 2013 ohran ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä suhteessa muihin viljoihin. Lajikkeista Saana tuotti satoa keskimäärin heikoiten, 8 200 kg ka/ha. Ohralajikkeista korkein keskisato oli Tocadalla, noin 9 500 kg ka/ha. Kauralla oli keskimäärin hieman vehnää korkeampi satotaso (11 500 kg ka/ha vs. 11 000 kg ka/ha). Ero oli tilastollisesti merkitsevä Maaningalla vuonna 2012 ($p < 0,001$) ja Ruukissa vuonna 2013 ($p < 0,001$). Vuosi 2013 ei ollut Maaningalla suotuisa kauralle, jolloin sen satotaso (7 500 kg ka/ha) oli etenkin vehnään (9 300 kg ka/ha) verrattuna selvästi alhaisempi ($p < 0,001$). Satovarmuutta tarkasteltaessa kokeen kauralajikkeet osoittautuivat heikommiksi kuin useat vehnän ja ohran lajikkeista. Satovarmimpina lajikkeina voidaan tutkimuksen mukaan pitää Brage-ohraa sekä vehnälaajikkeista Bjarnea ja Wappua (kuvan 2 hajonnat). Ainoa kokeessa ollut ruisvehnä Somtri osoittautui myös satovarmaksi. Tutkimuksen tulokset tukevat sitä, ettei Maaningan tai Ruukin pohjoinen sijainti ole esteenä kokoviljasäilörehun viljelylle. Kokeen satotasot vastasivat vuosina 1996–1998 Jokioisissa ja Ruukissa suoritettujen kokoviljatutkimusten satotasoa (Anon. 1999)



Kuva 2. Lajikekohtainen keskimääräinen kuiva-ainesato (kg ka/ha) sekä sadon minimi- ja maksimiarvot vuosina 2012 ja 2013 Maaningalla ja Ruukissa. * Tocada/Wilhelmiina/Annina ** Wappu/Kinerit.



Kuva 3. Eri viljalajien keskimääräinen kuiva-ainesato (kg ka/ha) Maaningalla (Ma) ja Ruukissa (Ru) vuosina 2012 ja 2013.

1.3.3 D-arvo

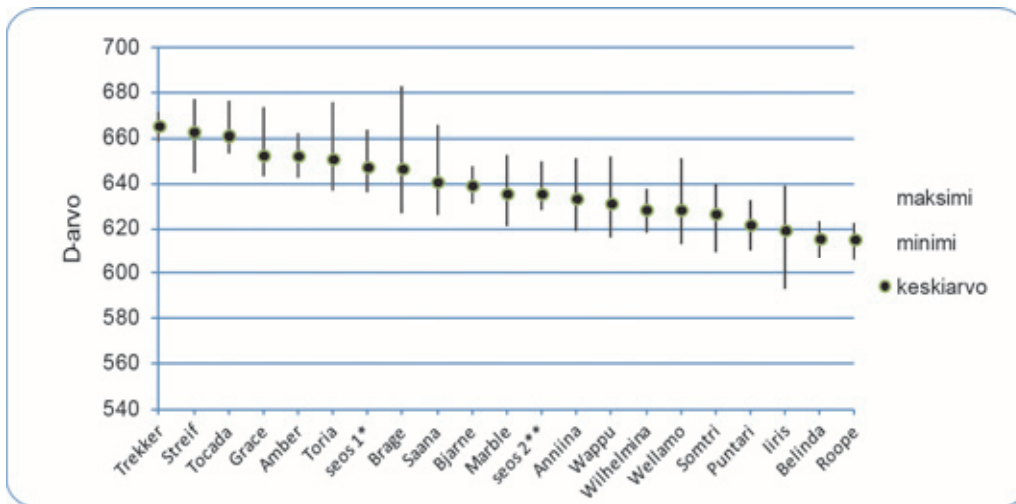
Kasvusto oli keskimäärin suhteellisen sulavaa vaihdellen lajista ja lajikkeesta riippuen (Kuvat 4 ja 5). Sulavan orgaanisen aineen määrä eli D-arvo vaihteli välillä 615–665 g/kg ka ollen selvästi lypsyylehmien nurmisäilörehun D-arvotavoitetta (680–700 g/kg ka) matalammalla tasolla.

Vaikka ohralla kuiva-ainesato oli keskimäärin alhaisempi kuin muilla viljoilla, sen korkeampi sulavuus (D-arvo keskimäärin 654 g/kg ka) kompensoi heikompaa sadon tuottoa. Ohralajikkeiden keskimääräinen D-arvo vaihteli välillä 641–665 g/kg ka. Ohralajikkeista heikoiten sulavaa oli Saana (D-arvo 615 g/kg ka) ja sulavimpia lajikkeita olivat Trekker, Streif ja Tocada, joilla kaikilla D-arvo oli keskimäärin yli 660 g/kg ka. Kaura- ja vehnälajikkeiden keskimääräinen D-arvo oli tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) alhaisempi kuin ohran sekä Maaningalla että Ruukissa molempina koevuosina. Vehnälajikkeiden keskimääräinen D-arvo vaihteli välillä 623–644 g/kg ka ja kauralajikkeiden välillä 611–630 g/kg ka. Korkean kuiva-ainesadon tuottaneella ruisvehnä Somtrilla D-arvo oli keskimäärin 627 g/kg ka, vaihdellen välillä 609–640 g/kg ka. Alhaisin D-arvo (609) saatiin Ruukissa vuonna 2012. Poikkeuksellisen alhaista D-arvoa selittää myöhäinen korjuuaika (25.9.), mikä oli lähes kuukautta myöhemmin kuin Somtrilla muulloin tässä tutkimuksessa.

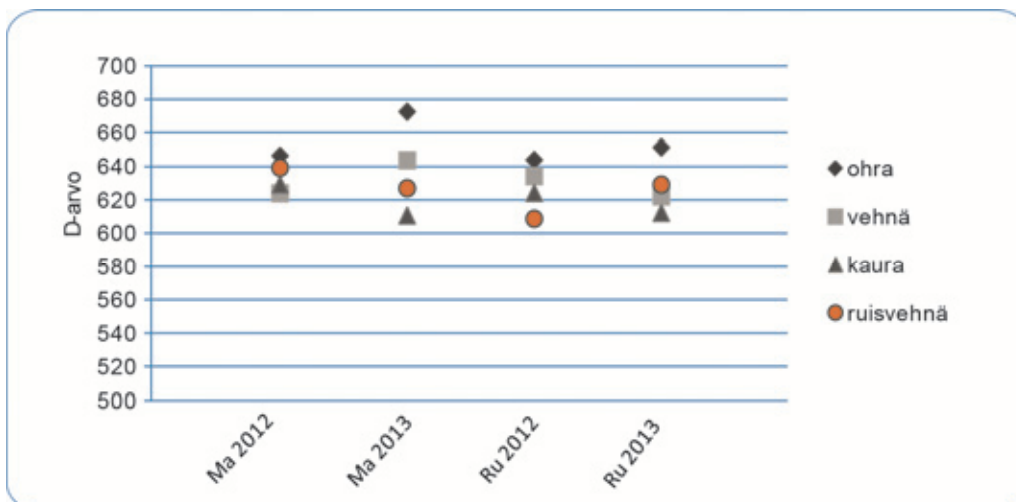
Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu tähkä/korsi -suhteen vaikuttavan kokoviljasadon sulavuuteen (Anon 1999, Tuori ym. 2003). Mitä suurempi on tähkien osuus ja mitä pienempi huonosti sulavan korren osuus, sitä parempi sulavuus sadolla on. Tässä tutkimuksessa tähkä/korsi -suhdetta ei määritetty. Kasvuston korkeus antaa tästä kuitenkin viitteitä. Mitä korkeampaa kasvusto on, sitä matalampi on todennäköisesti myös tähkä/korsi -suhde ja edelleen D-arvo. Tässä tutkimuksessa viljalajien korkeus erosi tilastollisesti toisistaan. Ohra, jonka D-arvo oli korkein, oli myös matalinta. Vehnä oli kauraa matalampaa, mikä voidaan havaita myös D-arvossa. Ruisvehnä oli tutkituista lajeista selvästi korkeinta. Sen D-arvo oli kuitenkin useimmiten korkeampi kuin kauralla, joten ruisvehnän tapauksessa korkeus ei näytä vaikuttavan D-arvoon yhtä suoraan kuin muilla viljalajeilla.

Tässä kokeessa ohran ja vehnän sulavuus oli hieman heikompi kuin aiemmassa lajikevertailussa Ruukissa vuosina 1993–1998 (Anon 1999). Vuonna 1996 ohralajikkeiden keskimääräinen D-arvo oli 658 g/kg ka ja vaihteli välillä 619–721 g/kg ka. Kokeen lajikkeet eivät vastanneet tämän kokeen lajikkeita, lukuun ottamatta Saana-ohraa. Myös vuonna 1997 D-arvo oli suhteellisen korkea, keskimäärin 670 g/kg ka [orgaanisen aineen *in vitro*-sulavuudesta laskettu D-arvo, kun käytetään rehutaulukkoissa ohrakokoviljalle (kuitua 50 %) annettua tuhkapitoisuutta, 58 g/kg ka]. Vuonna 1998 Ruukissa koekasvina oli vehnä. Orgaanisen aineen *in vitro*-sulavuudesta laskettu, D-arvo oli tällöin keskimäärin 680 g/kg ka. Kyseisessä tutkimuksessa korjuuaika määräytyi kasvuston kuiva-ainepitoisuuden (n. 350 g/kg ka) mukaan. Tässä raportoitavassa tutkimuksessa korjuuhetken kuiva-ainepitoisuus vaihteli ohralla välillä 270–340, vehnällä 310–410 ja kauralla 290–330 g/kg ka. Mannisen ym. (2005) tekemässä emolehmien ruokintakokeessa kokoviljaohran D-arvo oli 667 ja 680 g/kg ka ja kokoviljakauran 640 ja 613 g/kg ka. Ohralla D-arvo oli siten hieman tämän kokeen keskiarvoa korkeampi.

Kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua heikompi sulavuus ei välttämättä laske tuotosta edes intensiivisellä ruokinnalla olevilla lypsylehmillä tai kasvavilla lihanaudoilla (Jaakkola ym. 2001, 2003a,b, Huuskonen 2013, Keady ym. 2013). Tuotostason pysyminen nurmisäilörehuruokintaa vastaavalla tasolla perustuu suurempaan rehun syöntikykyyn kokoviljasäilörehua sisältävillä ruokinnoilla (Ahvenjärvi ym. 2006, Huhtanen ym. 2007, Keady ym. 2013). Huhtasen ym. (2007) tekemän meta-analyysin mukaan rehun syönti on suurimmillaan kokoviljasäilörehun osuuden ollessa 48 % syödyn karkearehun kuiva-aineesta, ja kokoviljasäilörehun vaste syöntimäärään on käyräviivainen. Lypsylehmien ruokinnassa suositeltavana kokoviljasäilörehun osuutena pidetään noin 40 %:n osuutta karkearehun kuiva-aineesta (Jaakkola ym. 2003b). Lihautojen ruokinnassa on tutkimuksissa voitu korvata nurmisäilörehu kokonaisuudessaan kokoviljasäilörehulla ilman merkittäviä vaikutuksia eläinten kasvu- ja teurastuloksiin (Huuskonen & Joki-Tokola 2010, Huuskonen 2013, Keady ym. 2013).



Kuva 4. Lajikekohtainen keskimääräinen sulavuus (D-arvo) sekä sulavuuden minimi- ja maksimiarvot vuosina 2012 ja 2013 Maaningalla ja Ruukissa. * Tocada/Wilhelmiina/Anniina ** Wappu/Kinerit.



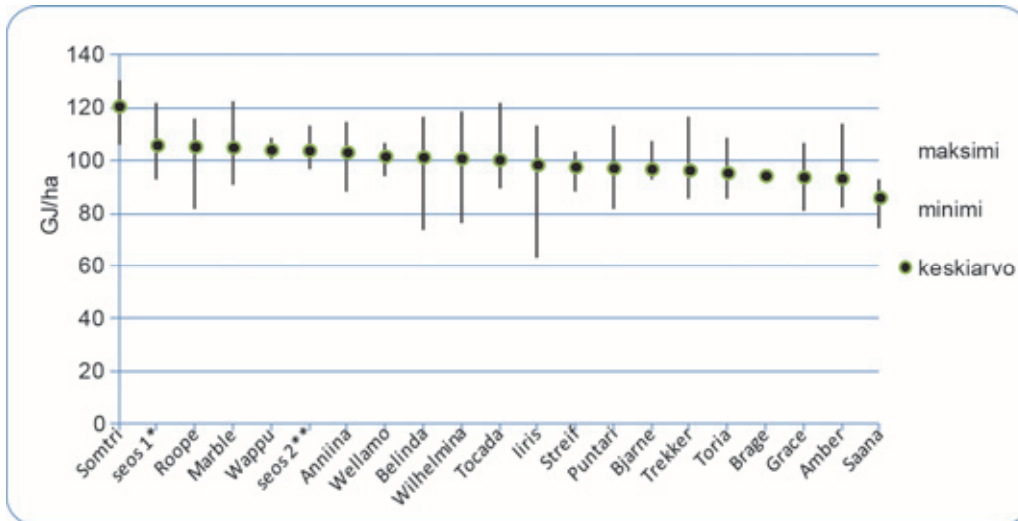
Kuva 5. Eri viljalajikkeiden keskimääräinen D-arvo Maaningalla (Ma) ja Ruukissa (Ru) vuosina 2012 ja 2013.

1.3.4 Energiasato

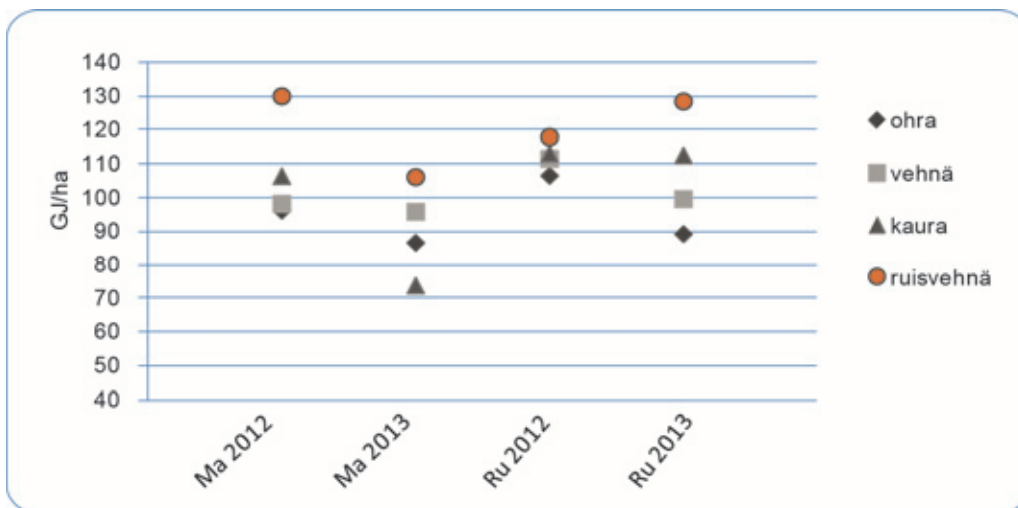
Keskimääräinen muuntokelpoinen energiasato (ME-sato) vaihteli lajikkeesta riippuen välillä 86–121 GJ/ha (Kuva 6). ME-sato oli kokeessa korkea, mikä johtui korkeista kuiva-ainesadoista. Korkein muuntokelpoisen energian sato saatiin ruisvehnä Somtrilla, jolla ME-sato vaihteli koepaikasta ja -vuodesta riippuen välillä 106–130 GJ/ha ja oli lajien välisessä vertailussa koepaikasta tai vuodesta riippumatta korkein (Kuva 7). Lajikevertailussa Somtrin ME-sato oli korkein Maaningalla vuonna 2012 ja Ruukissa vuonna 2013. Ohralla muuntokelpoisen energiasadon määrä oli keskimäärin alhaisin vaihdellen vuodesta ja koepaikasta riippuen välillä 87–107 GJ/ha. Ero kauraan ja vehnään oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) Ruukissa kumpanakin koevuotena ja Maaningalla kauraan verrattuna vuonna 2012. Ohralajikkeiden keskimääräinen ME-sato

vaihteli kokeen aikana välillä 86–101 GJ/ha. Keskimäärin heikoin ohralajike oli Saana ja paras Tocada. Vehnällä paikkakunnasta ja koevuodesta riippuen ME-sato vaihteli välillä 96–112 GJ/ha ja kauralla välillä 74–113 GJ/ha. Lajikkeesta riippuen keskimääräinen ME-sato vaihteli vehnällä välillä 97–104 GJ/ha ja kauralla 99–105 GJ/ha. Vehnälajikkeista keskimäärin suurimman ME-sadon tuotti Marble (105 GJ/ha) ja kauralajikkeista Roope (105 GJ/ha). Kaikkein viljelyvarmimpia ME-sadon perusteella olivat ohralajikkeista Tocada, vehnälajikkeista Anniina, Wappu, Bjarne ja Wellamo sekä kauralajikkeista Wilhelmiina.

Kokeessa saadut ME-sadot vastasivat melko hyvin aiemmissä tutkimuksissa saatuja tuloksia (Jaakola ym. 2002, Manninen ym. 2005). Hehtaariohtainen ME-sato oli vertailukelpoinen säilörehunurmilta saatavaan ME-satoon (esim. Virkajärvi ym. 2013).



Kuva 6. Lajikekohtainen keskimääräinen energiasato (GJ/ha) sekä energiasadon minimi- ja maksimiarvot vuosina 2012 ja 2013.



Kuva 7. Eri viljalajikkeista keskimäärin korjattu muuntokelpoisen energian määrä (GJ/ha) Maaningalla (Ma) ja Ruukissa (Ru) vuosina 2012 ja 2013.

1.3.5 Muu ruokinnallinen laatu

Liitteisiin 1–4 on koottu sadon analyysitulokset. Ennako-odotusten mukaisesti kokoviljat sisälsivät suhteellisen vähän raakavalkuaista. Kokeessa raakavalkuaispitoisuus jäi alle 100 g/kg ka, kun heinänuurmisäilörehussa se vaihtelee yleensä keskimäärin välillä 145–170 g/kg ka riippuen kehitysvaiheesta ja korjuukerrasta (MTT 2014). Ohran, vehnän ja kauran raakavalkuaispitoisuus oli kokeen aikana keskimäärin noin 80 g/kg ka. Ruisvehnä Somtrin raakavalkuaispitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin muiden viljojen kumpanakin koevuonna kummallakin koepaikalla. Neljän kokeen keskiarvo oli kuitenkin lähellä muita viljoja (83 g/kg ka).

Ruokinnassa kokoviljasäilörehun matala raakavalkuaispitoisuus voidaan nähdä myös etuna, sillä kokoviljan käyttö laskee rehuannoksen typpipitoisuutta, mikä puolestaan parantaa typen hyväksikäyttöä. Esimerkiksi lypsylehmien seosrehuruokinnassa on mahdollista korvata osa nurmi- tai nurmipalkokasvisäilörehusta kokoviljalla, mikä tehostaa typen hyväksikäyttöä. Kasvavien sonnien ruokinnassa ollaan puolestaan yleensä aina tilanteessa, jossa varsinaista valkuaislisää ei tarvita, vaikka kokoviljasäilörehua käytettäisiin ainoana karkearehuna (Huuskonen 2013, Pesonen ym. 2014). Edellä mainituissa tutkimuksissa käytettiin sonnien ruokinnassa karkearehuina ohrakokoviljasäilörehuja, joiden raakavalkuaispitoisuudet olivat 105 g/kg ka (Huuskonen 2013) ja 89 g/kg ka (Pesonen ym. 2014). Matalista valkuaispitoisuuksista huolimatta valkuaislisä ei parantanut sonnien kasvua, rehun hyväksikäyttöä tai teurastuloksia, kun eläimet ruokittiin vapaasti joko seosrehulla (väkirehuprosentti 40 %) tai kokoviljasäilörehulla ja kohtuullisella määrällä viljaväkirehua (väkirehuprosentti 20–40 %) (Huuskonen 2013, Pesonen ym. 2014).

Huuskosen ym. (2014) tekemän meta-analyysin perusteella säilörehua ja viljaa sisältävillä ruokinnoilla yli 200 kg:n painoisten kasvavien nautojen pötsimikrobien typen tarve täyttyy yleensä säilörehun ja viljan kautta. Jos pötsin mikrobisynteesi ei jostain syystä tuota riittävästi mikrobivalkuaista (esimerkiksi erittäin heikko karkearehu ja matala väkirehun saanti), tilanne voidaan korjata lisäämällä rehuannokseen kohtuullinen määrä viljaväkirehua. Nykyisten suomalaisten ruokintasuositusten mukaan yli 200 kg painavien sonnien ja hiehojen valkuaisen saanti on riittävä, kun rehuannoksen pötsin valkuaisosa (PVT) on yli -10 g/kg ka. Huuskosen ym. (2014) meta-analyysin perusteella PVT:n alaraja voitaisiin kuitenkin turvallisesti pudottaa arvoon -20 g/kg ka ilman negatiivista vaikutusta kasvu- tai teurastuloksiin. Valkuaisrehujen turha käyttö on osaltaan heikentämässä kansallista valkuaisomavaraisuutta. Vielä kriittisempi asia lienee kuitenkin lisääntyvä ympäristökuormituksen riski. Huhtasen ym. (2011) ja Huuskosen ym. (2014) meta-analyysien perusteella noin 90 % valkuaislisärehujen sisältämästä tyyestä eritetään naudoilla virtsan mukana. Virtsan tyyppi on huomattavasti sonnan tyypeä herkempää sekä huuhtoutumisen että haihtumisen kautta tapahtuvalle hävikille.

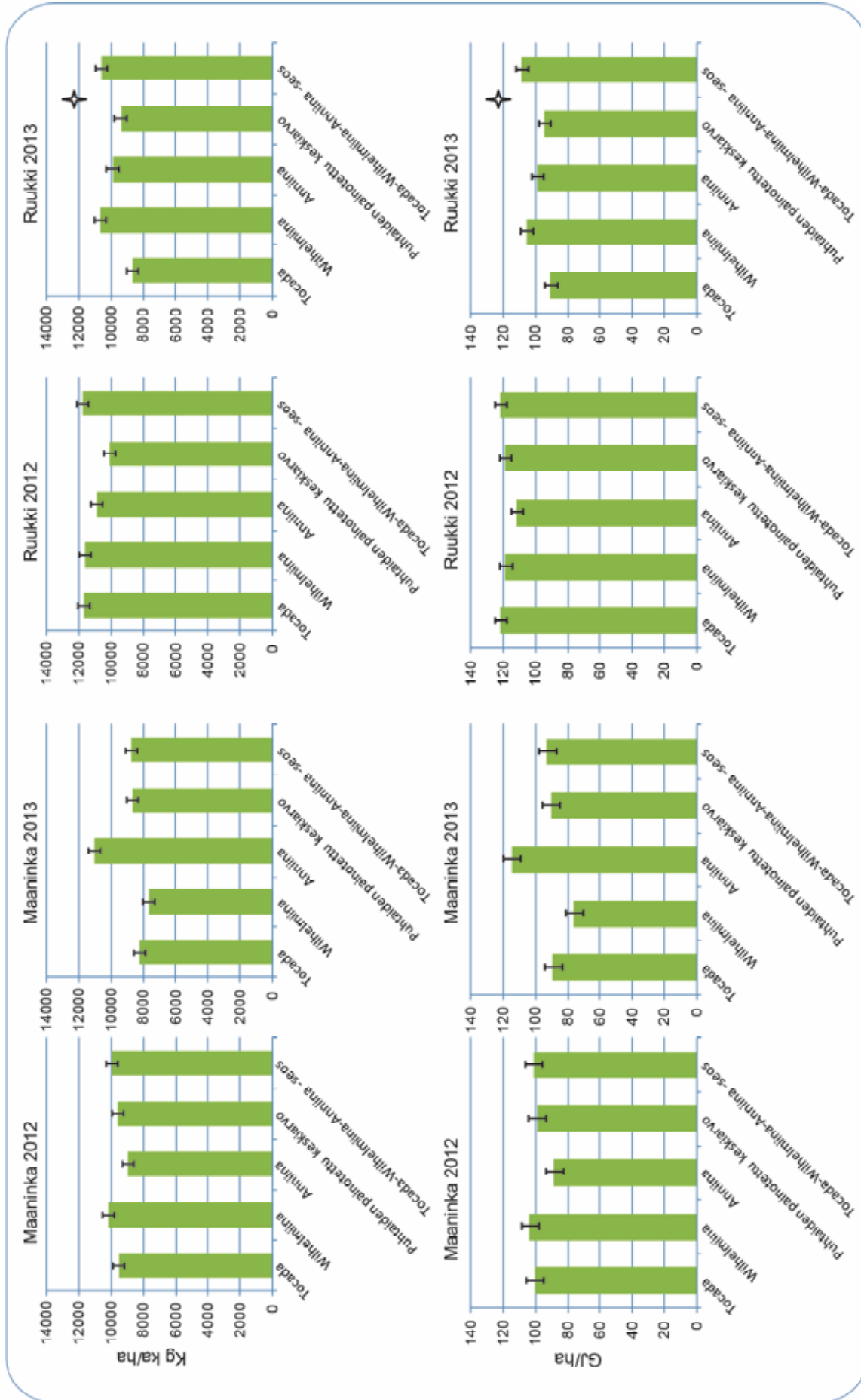
Kokoviljasäilörehun korjuuajankohta ja -tapa, korren pituus sekä kasvuolosuhteet vaikuttavat laji- ja lajikevalinnan ohella paitsi korjattavan rehun sulavuuteen myös rehun kuitu-, sokeri- ja tärkkelyspitoisuuteen (Wallsten 2008, Rustas 2009, Huuskonen & Joki-Tokola 2010). Näin ollen kokoviljasäilörehun ruokinnallinen arvo on riippuvainen monesta eri tekijästä, ja sen koostumus voi vaihdella hyvinkin paljon. Tämän vuoksi rehuanalyysien merkitys on kokoviljasäilörehuja käytettäessä erittäin keskeisessä osassa. Kokoviljasadon sokeripitoisuus vaihtelee ensisijaisesti kehitysvaiheen mukaan. Mitä pitemmälle tuleentunutta vilja on, sitä enemmän sokereita on muuttunut tärkkelykseksi. Tässä kokeessa kokoviljan tärkkelyspitoisuutta ei tutkittu. Sokeripitoisuus vaihteli huomattavasti kokeen aikana. Kauran sokeripitoisuus oli erityisesti Maaningalla vuonna 2013 ja Ruukissa kumpanakin koevuotena tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi kuin ohralla tai vehnällä.

1.3.6 Seokset

Tässä tutkimuksessa viljojen viljely seoksena tuotti vain vähän tai ei lainkaan etua seosta vastaavien lajien viljelyyn puhtaana kasvustona (Kuva 8). Seos 1 tuotti suuremman kuiva-aine ($p=0,012$) ja ME-sadon ($p=0,006$) Ruukissa vuonna 2013, kuin jos vastaavat lajikkeet viljeltiin puhtaana. Ero ME-sadossa oli noin 14 GJ/ha ja kuiva-ainesadossa 1 200 kg ka/ha. Seoskasvuston etuna tässä tutkimuksessa oli vähäisempi lakoaminen puhtaisiin kasvustoihin verrattuna.

1.3.7 Lako

Vuosi 2012 oli sateinen, mikä näkyi myös kasvuston lakoamisessa. Eniten lakoa esiintyi vuonna 2012 Ruukissa, mutta myös Maaningalla kasvusto lakoontui. Eniten lakoa esiintyi ohralla, joka oli vuonna 2012 Maaningalla ainoa lakoontunut viljalaji. Ruukissa lakoa esiintyi myös muilla viljoilla. Ohran lakoaminen vuonna 2012 voi liittyä sen, lähinnä sääolosuhteista johtuneeseen, myöhäiseen korjuu-aikaan. Ohralajikkeista Saana lakoontui kummallakin koepaikkakunnalla pahiten. Vuonna 2013 lakoa esiintyi Maaningalla lähinnä kauralla, mikä mahdollisesti näkyi myös sadossa, sillä kauran keskisato jäi kyseisenä vuonna Maaningalla huomattavasti edellistä vuotta alhaisemmaksi. Lakoherkkyys on sadon tuoton ja laadun kannalta riski. Vehnä ei ollut tässä tutkimuksessa kovin lakoherkkä, mitä voidaan pitää positiivisena ominaisuutena. Seoskasvustoissa lakoa esiintyi hyvin vähän. Ruisvehnä Somtri lakoontui ainoastaan Ruukissa vuonna 2012.



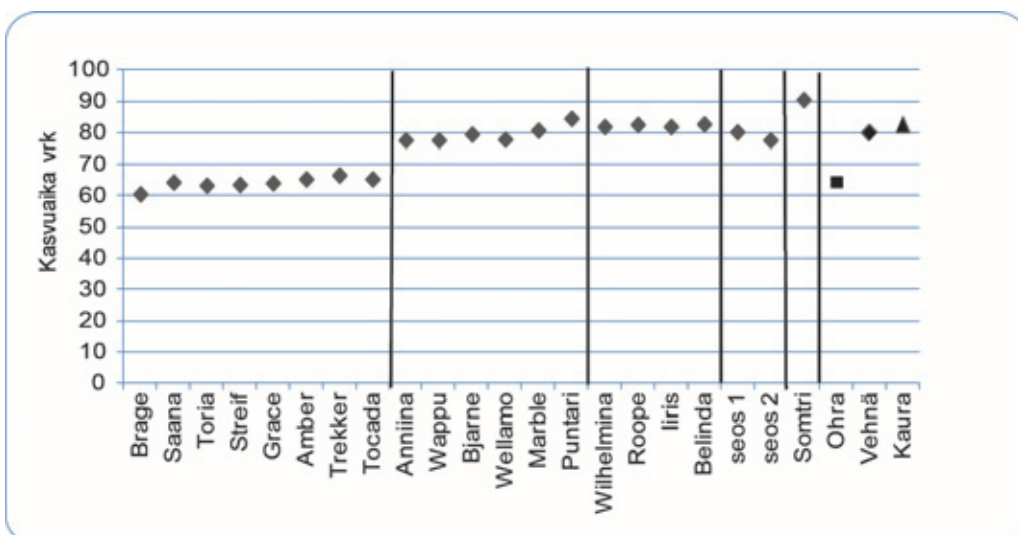
Kuva 8. Seoskasvustojen kuiva-aine- (kg ka/ha) ja energiasadon (GJ/ha) määrä suhteessa seoksen lajikkeiden puhtaasti viljeltyihin kasvustoihin. Seos 1:stä verrattiin sen sisältämien lajikkeiden osuukien mukaiseen painotettuun keskiarvoon. Tilastollisesti merkitsevä ero on merkitty kuvaan tähdellä.

1.3.8 Kasvuaika

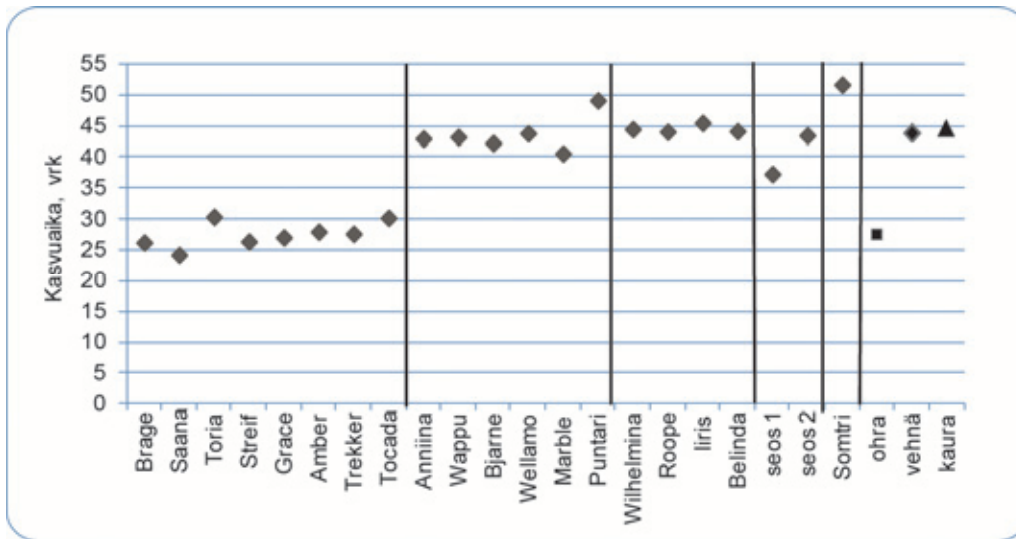
Lajien, seosten ja lajikkeiden sekä vuosien ja koepaikkojen väliset kasvuaikaerot on koottu kuviin 9 ja 10 sekä taulukoihin 5 ja 6. Ohran kasvuaika oli keskimäärin lyhyempi kuin muiden viljojen, mitä voidaan pitää suotuisana nurmen perustamisen kannalta joko tilanteessa, jossa kokovilja on nurmen suojakasvina ja se halutaan korjata jo heinä-elokuun vaihteessa, tai jos nurmi kylvetään kokoviljan korjuun jälkeen. Kasvuaika kylvöstä korjuuseen oli ohralla keskimäärin 73 vuorokautta. Vehnällä vastaava kasvuaika oli 80 ja kauralla 82 vuorokautta. Ruisvehnä Somtrin kasvuaika oli keskimäärin pisin, 91 vuorokautta. Vuosina 1996–1998 Ruukissa ja Jokioisissa tehdyissä kokoviljakokeissa viljojen kasvuajat kylvöstä taikinatu-leentumiseen olivat ohralla keskimäärin 87 ja 84 vrk ja kevätvehnällä 95 ja 97 vrk (Anon 1999). Tässä kokeessa ohran ja vehnän kasvuajat olivat siten keskimäärin 14 ja 17 vuorokautta lyhyemmät kuin Ruukissa vuosina 1996–1998. Kasvuaikaero ei johdu ainoastaan lämpösummasta, mitä kertyi tässä raportoitavan kokeen koevuosina 2012–2013 keskimäärin lähes 300 °C vrk enemmän kuin koevuosina 1996–1998 keskimäärin (1 020 °C vrk).

Myös aika tähkälle tulosta korjuuseen oli ohralajikkeilla lyhyempi kuin muilla viljoilla, keskimäärin 28 vuorokautta. Kauralla aika tähkälle tulosta korjuuseen oli noin 45, vehnällä noin 44 ja ruisvehnällä noin 52 vuorokautta. Vuonna 2012 viljojen kasvuajat olivat vuoden 2013 kasvuaikoja pidemmät, mikä todennäköisesti johtui kasvukauden matalammista lämpötiloista ja runsaista sateista. Vuosi 2012 oli kummallakin paikkakunnalla sateinen, joskin Maaningalla vielä huomattavasti Ruukkia sateisempi.

Lajikkeiden väliset kasvuaikaerot olivat suhteellisen pieniä. Eniten eroja oli ohra- ja vehnälaajikkeiden välillä. Ohralla myöhäisimmän ja aikaisimman lajikkeen välillä oli eroa vuonna 2012 Ruukissa 17 vuorokautta ja Maaningalla 7 vuorokautta. Vuonna 2013 eroja ohralajikkeiden välillä ei ollut. Vuoden 2012 erot johtuvat todennäköisesti poikkeuksen viileistä ja sateisista sääolosuhteista. Ohralajikkeista aikaisin lajike oli Brage (61 vuorokautta). Myös Saana, Toria ja Streif olivat aikaisia. Selvästi myöhäisimpiä lajikkeita olivat Tocada ja Trekker. Vehnälajikkeilla myöhäisimmän ja aikaisimman lajikkeen välillä ero oli vuonna 2012 Maaningalla 4 ja Ruukissa 15 vuorokautta. Vuonna 2013 Maaningalla suurin kasvuaikaero oli 10 vuorokautta. Vehnälajikkeista selvästi myöhäisimpiä olivat Puntari ja Marble. Aikaisia lajikkeita olivat Anniina, Wappu ja Wellamo. Kauralajikkeiden välillä kasvuaikaeroja oli vain vuonna 2012 Maaningalla, jolloin Wilhelmiina ja Iris korjattiin kolme vuorokautta Belindaa ja Roopea aikaisemmin. Seokset asettuivat yleensä kasvuajan suhteen välimaastoon puhtaisiin kasvustoihin verrattuna.



Kuva 9. Lajikkeiden kasvuaika kylvöstä korjuuseen. Eri viljat on eroteltu poikkiviivoilla järjestyksessä ohrat, vehnät, kaurat, seokset ja ruisvehnä. Viljalajien keskimääräiset kasvuajat on merkitty kuvaan viimeiseksi.



Kuva 10. Lajikkeiden kasvuaika tähkälle tulosta korjuuseen. Eri viljat on eroteltu poikkiviivoilla järjestyksessä ohrat, vehnät, kaurat, seokset ja ruisvehnä. Viljalajien keskimääräiset kasvuajat on merkitty kuvaan viimeiseksi.

Taulukko 5. Viljalajikkeiden kasvuajat (vrk) lajiryhmittäin lyhyimmistä kasvuajasta pisimpään Maaningalla ja Ruukissa vuosina 2012 ja 2013.

	Maaninka 2012	vrk	Maaninka 2013	vrk	Ruukki 2012	vrk	Ruukki 2013	vrk
Ohra	Brage	80	Brage	64	Brage	68	Brage	65
	Saana	80	Saana	64	Saana	78	Saana	65
	Amber	80	Toria	64	Toria	78	Toria	65
	Toria	85	Streif	64	Streif	78	Streif	65
	Streif	85	Grace	64	Grace	78	Grace	65
	Trekker	85	Amber	64	Amber	85	Amber	65
	Tocada	85	Trekker	64	Trekker	85	Trekker	65
	Grace	87	Tocada	64	Tocada	85	Tocada	65
	Keskiarvo	83	Keskiarvo	64	Keskiarvo	79	Keskiarvo	65
Vehnä	Anniina	90	Anniina	78	Anniina	103	Anniina	79
	Wappu	90	Wappu	78	Wappu	103	Wappu	79
	Bjarne	90	Wellamo	80	Bjarne	103	Bjarne	79
	Wellamo	94	Bjarne	84	Wellamo	103	Wellamo	79
	Marble	94	Marble	88	Marble	103	Marble	79
	Puntari	94	Puntari	88	Puntari	118	Puntari	79
	Keskiarvo	92	Keskiarvo	83	Keskiarvo	106	Keskiarvo	79
Kaura	Wilhelmina	85	Wilhelmina	88	Wilhelmina	103	Wilhelmina	86
	Roope	90	Roope	88	Roope	103	Roope	86
	Iiris	90	Iiris	88	Iiris	103	Iiris	86
	Belinda	90	Belinda	88	Belinda	103	Belinda	86
	Keskiarvo	89	Keskiarvo	88	Keskiarvo	103	Keskiarvo	86
Ruisvehnä	Somtri	107	Somtri	98	Somtri	118	Somtri	89
Ohra/Kaura/Vehnä	seos 1	87	seos 1	70	seos 1	92	seos 1	79
Kevätvehnä/Ruisvehnä	seos 2	90	seos 2	78	seos 2	103	seos 2	79

Taulukko 6. Viljalajikkeiden kasvuajat (vrk) tähkälle tulosta korjuuseen lajiryhmittäin lyhyimmästä kasvuajasta pisimpään Maaningalla ja Ruukissa vuosina 2012 ja 2013.

	Maaninka 2012	vrk	Maaninka 2013	vrk	Ruukki 2012	vrk	Ruukki 2013	vrk
Ohra	Saana	29	Saana	24	Brage	19	Trekker	16
	Amber	32	Streif	24	Saana	24	Amber	18
	Trekker	32	Grace	26	Streif	24	Saana	20
	Brage	34	Brage	27	Grace	26	Streif	20
	Streif	37	Toria	29	Toria	29	Grace	20
	Grace	37	Amber	31	Amber	31	Tocada	20
	Tocada	37	Trekker	31	Trekker	31	Brage	25
	Toria	38	Tocada	32	Tocada	32	Toria	25
	Keskiarvo	35	Keskiarvo	28	Keskiarvo	27	Keskiarvo	21
	Vehnä	Bjarne	38	Marble	45	Marble	45	Marble
Anniina		39	Bjarne	48	Bjarne	48	Puntari	32
Wappu		39	Wellamo	49	Wellamo	49	Wellamo	34
Marble		41	Anniina	49	Anniina	49	Anniina	35
Puntari		41	Wappu	49	Wappu	49	Bjarne	35
Wellamo		44	Puntari	62	Puntari	62	Wappu	36
Keskiarvo		40	Keskiarvo	50	Keskiarvo	50	Keskiarvo	4.9
Kaura		Wilhelmina	34	Roope	49	Roope	49	Roope
	Belinda	36	Belinda	49	Belinda	49	Iiris	43
	Roope	36	Wilhelmina	50	Wilhelmina	50	Belinda	43
	Iiris	39	Iiris	50	Iiris	50	Wilhelmina	44
	Keskiarvo	36	Keskiarvo	50	Keskiarvo	50	Keskiarvo	43
Ruisvehnä	Somtri	50	Somtri	60	Somtri	60	Somtri	37
Ohra/Kaura/Vehnä	seos 1		seos 1	38	seos 1	38	seos 1	36
Kevätvehnä/Ruisvehnä	seos 2	39	seos 2	49	seos 2	49	seos 2	37

1.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Koe osoitti kokoviljan potentiaaliseksi säilörehun raaka-aineeksi. Kasvukausi ei rajoittanut kokoviljan viljelyä kummallakaan koepaikalla. Kaikki kokeessa viljeltyt viljalajit ja lajikkeet tuottivat korkean (n. 9000–10 000 kg ka/ha) ja laadukkaan kokoviljasadon ja olivat satovarmoja. Kuiva-ainesadot olivat vuotuista nurmisatoa vastaavia, ja myös muuntokelpoinen energiasato nousi hyvälle tasolle. Korkein kuiva-aine- ja energiasato saatiin ruisvehnä Somtrilla. Kaura- ja vehnäsadot asettuivat ohran ja ruisvehnän väli-maastoon. Yleisesti ottaen myöhäisemmät lajit tuottivat aikaisempia lajikkeita suuremman sadon.

D-arvo vaihteli lajikkeesta riippuen välillä 615–665 g/kg ka, mikä on säilörehunurmen D-arvotavoitetta (680–700 g/kg ka) matalampi. Kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua matalampi D-arvo ei kuitenkaan välttämättä ole ongelma ruokinnassa, sillä syönnin lisääntymisen on todettu kompensoivan huonompaa sulavuutta. Ohra oli viljoista sulavinta, mikä kompensoi sen huonompaa sadontuottoa. Seosviljelystä ei tässä tutkimuksessa ollut sadon tuoton tai sen laadun kannalta hyötyä. Seosviljelyn hyötynä oli kuitenkin vähäinen lakoontuminen verrattuna puhtaisiin kasvustoihin.

Kokoviljat sisälsivät suhteellisen vähän raakavalkuaista. Kokeessa raakavalkuaispitoisuus oli alle 100 g/kg ka, kun heinänurmisäilörehussa se vaihtelee keskimäärin välillä 145–170 g/kg ka riippuen kehitysvaiheesta ja korjuukerrasta. Ruokinnassa kokoviljasäilörehun matala raakavalkuaispitoisuus voidaan nähdä etuna, sillä kokoviljan käyttö laskee rehuannoksen tyyppipitoisuutta, mikä puolestaan parantaa tyypen hyväksikäyttöä. Esimerkiksi lypsylehmien seosrehuruokinnassa on mahdollista korvata osa nurmi- tai

nurmipalkokasvisäilörehusta kokoviljalla, mikä tehostaa typen hyväksikäyttöä. Kasvavien sonnien ruokinnassa ollaan puolestaan yleensä aina tilanteessa, jossa varsinaista valkuaislisää ei tarvita, vaikka kokoviljasäilörehua käytettäisiin ainoana karkearehuna.

Ohra oli vehnään, kauraan ja ruisvehnään verrattuna aikainen. Nurmen perustamisen kannalta olisi hyvä, jos edeltävän kasvin korjuu ajoittuisi viimeistään elokuun lopulle. Jos suojavilja korjataan kokoviljasäilörehuksi, tulisi korjuu tehdä, aluskasvista riippuen, heinäkuun puolenvälin jälkeen ja viimeistään elokuun puolivälissä. Apilanurmilla suojavilja kannattaa poistaa heinänuurmia aiemmin, mieluiten heinäkuussa tai viimeistään elokuun alussa. Kokeessa ohra korjattiin kumpanakin vuonna ennen elokuun loppua. Kasvu-kausi 2012 oli sateinen ja melko viileä, mikä johti Ruukissa vehnän ja kauran korjuun ajoittumiseen syyskuulle. Kokeessa ainoana ruisvehnäajikkeena viljelty Somtri oli viljoista myöhäisin. Sen korjuuajankohta vaihteli elokuun lopusta syyskuun lopulle. Siten ohra on varmin kokoviljakasvi nurmen suojaviljana viljeltäessä, joskin aikaisimmilla vehnä- ja kauralajikkeilla on todennäköistä onnistua viileinä ja sateisinakin vuosina. Kasvuajakerot lajikkeiden välillä olivat suurimmat ohralla. Kaiken kaikkiaan lajike-erot tulivat selvästi esiin sääoloiltaan poikkeuksellisen sateisena ja viileänä vuonna.

Viljelyvarmuus oli kokeen kaikilla lajeilla ja lajikkeilla hyvä, ja siten laji- ja lajikevalinnan perusteena kannattaa käyttää viljelysuunnitelmaa. Jos kokovilja toimii myös nurmen suojaviljana tai kokoviljan korjuun jälkeen on tarkoitus perustaa nurmi, kannattaa viljana olla ohra tai aikainen kaura tai vehnä. Aikaisuus on tärkeää etenkin apilanurmen suojaviljalle. Kokeen tulokset kannustavat tiloja kokoviljan viljelyyn. Potentiaaliset satotasot ovat niin korkeat, että tuotantokustannusten pieneneminen korjuu- ja lannoituskustannusten pienentymisen kautta on houkutteleva vaihtoehto.

1.5 Kirjallisuus

- Ahvenjärvi, S., Joki-Tokola, E., Vanhatalo, A., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 2006. Effects of replacing grass silage with barley silage in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 89: 1678–1687.
- Aikasalo, R., Saastamoinen, M., Juuti, T., Joki-Tokola, E., Vanhatalo, A. & Huhtanen, P. 1999. Eri viljalajit ja -lajikkeet kokoviljasäilörehun raaka-aineena. Teoksessa: Mitä Suomi syö - ja millä hinnalla?: *Agro-Food '99*, Tampere 2.-4.2.1999, Tampere-talo. s. E53.
- Anon. 1999. Kokoviljasäilörehu maatilan viljelyresurssien optimoinnissa: viljalajin ja -lajikkeiden vaikutus rehuarvoon. Loppuraportti. 52 s.
- AOAC 1990. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA. 1298 s.
- Huhtanen, P., Hetta, M. & Swensson, C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science* 91: 529–543.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293–323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows; a revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal* 1: 758–770.
- Huuskonen, A. 2013. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets based on whole-crop barley silage with or without protein supplementation relative to a grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science* 22: 424–434.
- Huuskonen, A. & Joki-Tokola, E. 2010. Performance of growing dairy bulls offered diets based on silages made of whole-crop barley, whole-crop wheat, hairy vetch and grass. *Agricultural and Food Science* 19: 116–126.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2014. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal* 8: 1653–1662.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T. 2001. Whole-crop barley silage for dairy cows. Teoksessa: Production and utilization of silage, with emphasis on new techniques. NJF seminar no. 326, September 27–28, 2001. Lillehammer, Norway. s. 69–74.
- Jaakkola, S., Heikkilä, T., Saarisalo, E., Huhtanen, P., Joki-Tokola, E., Kiljala, J., Huuskonen, A., Turunen, H. & Puurunen, M. 2002. Kokoviljasäilörehu maatilan viljelyresurssien optimoinnissa: korjuuteknologia, maidontuotanto ja talous. Loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama hanke 1999–2001 Dnro 5006/507/98.

- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T. 2003a. Concentrate supplementation of dairy cow diet based on whole crop barley and wheat silage. Teoksessa: Niemeläinen, O. & Topi-Hulmi, M. (toim.). Agriculture in global perspective. Proceedings of the NJF's 22nd congress, July 1–4, 2003. Turku, Finland. s. 10.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T. 2003b. Lypsylehmien ruokinta. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen, T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 43–51.
- Keady, T.W.J., Hanrahan, J.P., Marley, C.L. & Scollan, N.D. 2013. Production and utilization of ensiled forages by beef cattle, dairy cows, pregnant ewes and finishing lambs: a review. *Agricultural and Food Science* 22: 70–92.
- MAFF 1975. Energy allowances and feeding systems for ruminants. Technical Bulletin 33. Her Majesty's Stationery Office, London. 79 s.
- MAFF 1981. Animal Science 1979. ADAS Agricultural science service, research and developments reports. Reference book 254. Her Majesty's Stationery Office, London. 103 s.
- MAFF 1984. Energy allowances and feeding systems for ruminants. Reference Book 433. Her Majesty's Stationery Office, London. 85 s.
- Manninen, M., Virkajärvi, P. & Jauhiainen, L. 2005. Effects of whole crop barley and oat silages on the performance of mature suckler cows and their progeny in outdoor winter feeding. *Animal Feed Science and Technology* 121: 227–242.
- MTT 2014. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. MTT, Jokioinen. [Viitattu 15.10.2014]. Saatavilla internetistä: <<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>>
- Nousiainen, J. 2003. Kokoviljasäilörehun rehuarvon määrittäminen. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen, T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 51–58.
- Nousiainen, J., Ahvenjärvi, S., Rinne, M., Hellämäki, M. & Huhtanen, P. 2004. Prediction of indigestible cell wall fraction of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology* 115: 295–311.
- Pesonen, M., Joki-Tokola, E. & Huuskonen, A. 2014. Effects of concentrate proportion and protein supplementation on performance of growing and finishing crossbred bulls fed a whole-crop barley silage-based diet. *Animal Production Science* 54: 1399–1404.
- Rustas, B-O. 2009. Whole-crop cereals for growing cattle. Effects of maturity stage and chopping on intake and utilisation. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden. 60 s.
- Turunen, H. 2003. Kokoviljasäilörehun taloudellisuus nautakarjatilalla. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen, T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 5–16.
- Tuori, M., Kaustell, K.V. & Huhtanen, P. 1998. Comparison of the protein evaluation systems of feeds for dairy cows. *Livestock Production Science* 55: 33–46.
- Tuori, M., Pursiainen, P., Jaakkola, S. & Syrjälä-Qvist, L. 2003. Kokovilja säilörehuna. Teoksessa: Suokannas, A., Pehkonen, A. & Mäkinen, H. (toim.), 2003. Kokoviljasäilörehu karjatilalla. Maa- ja elintarviketalous 40. s. 12–23.
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Suomela, R. & Luoma, S. 2013. Nurmen P-kertalannoitus. Teoksessa: Kanninen, J. (toim.). Lannoitus- ja kasvinsuojelukokeiden tuloksia 2012. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 8–25.
- Vuorinen, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63. 44 s.
- Wallsten, J. 2008. Whole-crop cereals in dairy production. Digestibility, feed intake and milk production. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden. 45 s.
- Walsh, K., O'Kiely, P., Moloney, A. P. & Boland T. M. 2008. Intake, digestibility, rumen fermentation and performance of beef cattle fed diets based on whole-crop wheat or barley harvested at two cutting heights relative to maize silage or *ad libitum* concentrates. *Animal Feed Science and Technology* 144: 257–278.

Liite 1. Sadon määrä ja laatu Maaningalla vuonna 2012.

Laji/seos	Lajike	Korjuupv	Lako	Korkeus	Ka	Ka-sato	NDF	OIV	PVT	sokeri	D-anvc	ME-sato	Tuhka	nv
		%	%	cm	%	kg ka/ha	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	G./ha	g/kg ka	g/kg ka
ohra	Brage	10.8	18	99	31,0	9250	491	61	-32	80	630	93,3	59	71
ohra	Saana	10.8	38	82	30,1	8210	490	64	-27	77	627	92,9	62	77
ohra	Toria	15.8	10	90	38,1	9760	436	65	-32	78	651	101,6	57	71
ohra	Streif	15.8	0	80	36,0	9720	435	67	-36	92	663	103,0	53	74
ohra	Grace	17.8	23	82	31,4	9320	445	65	-33	76	643	95,9	58	74
ohra	Amber	10.8	7	79	29,0	8670	470	65	-31	84	643	89,2	55	75
ohra	Trekker	15.8	23	77	35,7	9010	427	67	-37	84	658	95,0	56	74
ohra	Tocada	15.8	0	85	37,1	9510	432	66	-40	78	661	100,5	50	70
vehnä	Annina	20.8	0	92	43,2	8930	500	61	-14	93	619	88,4	49	77
vehnä	Wappu	20.8	0	93	40,5	10480	522	61	-18	93	616	103,3	56	75
vehnä	Bjarne	20.8	0	79	44,4	9210	524	63	-22	98	631	93,0	51	74
vehnä	Wellamo	24.8	0	105	39,9	10380	519	61	-22	92	627	104,2	51	73
vehnä	Marble	24.8	0	99	38,7	10550	514	61	-28	113	627	105,9	49	71
vehnä	Puntari	24.8	0	90	39,2	9550	520	62	-24	100	627	95,8	50	74
kaura	Wilhelmina	15.8	0	92	31,7	10190	455	66	-33	108	636	103,7	64	77
kaura	Roope	20.8	0	119	34,3	11000	490	64	-40	82	621	109,3	62	71
kaura	liris	20.8	0	94	32,9	10550	445	66	-39	112	639	107,8	62	72
kaura	Belinda	20.8	0	102	31,8	10600	483	64	-44	87	623	105,7	65	68
seos 1*		17.8	2	91	31,8	9940	473	64	-39	93	636	101,1	58	70
seos 2**		20.8	0	94	38,0	9790	497	63	-26	102	628	98,4	54	74
kevätuisvehnä	Somtri	6.9	0	130	39,5	12710	474	63	-42	141	640	130,1	51	62
Keskiarvot	ohra			84	33,6	9310	453	65	-34	81	647	96,4	56	73
	vehnä			93	41,0	9850	516	62	-22	98	625	98,4	51	74
	kaura			102	32,7	10590	468	65	-39	97	630	106,6	63	72
	seos 1 viljelynä puhtaana***			88	36,7	9600	452	65	-33	90	645	99,1	54	74
SEM				1,4	0,92	351,6	13,0	0,73	2,91	3,7	5,0	3,83	2,3	2,4
p-arvo				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,015
Kontrastit	ohra vs. vehnä			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,31	<0,001	0,59
	ohra vs. kaura			<0,001	0,12	<0,001	0,060	0,57	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,29
	vehnä vs. kaura			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,67	0,11	0,001	<0,001	0,15
	seos 1 vs. vastaavat puhtaat			0,12	<0,001	0,28	0,17	0,43	0,069	0,53	0,12	0,64	0,14	0,25
	Wappu vs. seos 2			0,61	0,054	0,073	0,18	0,052	0,083	0,079	0,093	0,34	0,61	0,80
	puhtaat vs. Somtri			<0,001	<0,001	<0,001	0,78	0,45	<0,001	<0,001	0,41	<0,001	0,022	<0,001

* Ohra (Tocada) 50 %, Kaura (Wilhelmina) 30 %, Vehnä (Annina) 20 % **Kevätvehnä (Wappu) 80 %, syyseisvehnä (Kinerit) 20 % ***0.5 x Tocada + 0.3 x Wilhelmina + 0.2 x Annina

Liite 2. Sadon määrä ja laatu Maaningalla vuonna 2013.

Laji/seos	Lajike	Korjuupv	Lako	Ka	Ka-sato	NDF	OIV	PVT	sokeri	D-arvo	ME-sato	Tuhka	IV
	%	%	kg ka/ha	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	GJ/ha	g/kg ka	g/kg ka
ohra	0	33,2	8820	462	70,0	-21,7	136	683	96,3	79			
ohra	1	30,4	7000	477	71,7	-15,3	180	666	74,6	86			
ohra	0	30,4	7930	447	73,3	-14,7	163	676	85,7	87			
ohra	0	29,7	8130	459	71,0	-18,0	212	677	88,1	82			
ohra	1	29,8	8570	467	70,0	-17,3	227	673	92,4	80			
ohra	1	30,2	7790	476	71,7	-14,3	187	662	82,5	85			
ohra	2	29,1	7970	454	73,0	-15,3	267	671	85,5	80			
ohra	0	30,7	8260	458	71,7	-19,0	233	676	89,3	79			
vehnä	5	41,5	11010	496	65,3	-13,0	132	652	114,7	87			
vehnä	1	38,6	9650	499	64,3	-12,3	125	652	100,7	82			
vehnä	17	46,0	9110	513	65,0	-11,7	75	648	94,5	83			
vehnä	7	44,4	9060	473	67,0	-12,0	108	651	94,4	76			
vehnä	1	39,6	8680	549	60,7	-24,0	103	653	90,7	74			
vehnä	3	38,1	8330	548	60,7	-23,3	80	611	81,4	71			
kaura	16	35,4	7670	500	64,7	-18,3	76	622	76,4	79			
kaura	8	34,1	8220	505	63,3	-23,0	62	623	81,9	74			
kaura	14	27,0	6690	518	62,7	-26,3	99	593	63,6	67			
kaura	10	28,0	7600	546	61,3	-22,7	71	607	74,0	78			
seos 1*	5	32,7	8740	446	69,0	-24,0	197	663	92,7	76			
seos 2**	5	38,0	10340	521	63,3	-18,7	128	650	107,6	83			
kevatruisvehnä	1	46,7	10590	510	63,7	-25,7	96	628	106,4	64			
Keskiarvot		30,4	8060	462	72	-17	201	673	86,8	82			
		41,4	9310	513	64	-16	104	644	96,1	79			
		31,1	7550	517	63	-23	77	611	74,0	74			
		34,2	8630	478	68	-18	166	655	90,5	81			
SEM	4,1	1,02	513,5	11,6	0,8	1,9	7,3	7,2	5,50	2,7			
p-arvo	0,04	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kontrastit	0,024	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,39	<0,001	<0,001	0,0032	<0,001	0,014	<0,001	0,014
	<0,001	0,28	0,11	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	0,015	<0,001	<0,001	0,57	0,1035	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008
	0,89	0,21	0,86	0,023	0,45	0,007	<0,001	0,31	0,73	0,12	0,85	0,12	
	0,51	0,71	0,35	0,19	0,37	0,025	0,77	0,84	0,38	0,90	0,54	0,90	
	0,24	<0,001	<0,001	0,128	<0,001	<0,001	<0,001	0,0027	0,0014	<0,001	0,0047	<0,001	<0,001

* Ohra (Tocada) 50 %, Kaura (Wilhelmina) 30 %, Vehnä (Annina) 20 % **Kevätvehnä (Wappu) 80 %, syysruisvehnä (Kinerit) 20 % ***0.5 x Tocada + 0.3 x Wilhelmina + 0.2 x Annina

Liite 3. Sadon määrä ja laatu Ruukissa vuonna 2012.

Laji/seos	Lajike	Korjuupv	Lako	Korkeus	Ka	Ka-sato	NDF	OIV	PVT	sokeri	D-arvo	ME-sato	Tuhka	rv
			%	cm	%	kg ka/ha	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	GJ/ha	g/kg ka	g/kg ka
ohra		6.8.	0	105	22,6	9220	476	68	-12	166	627	92,5	61	89
ohra		16.8.	92	84	28,6	9080	489	66	-11	102	626	91,0	63	79
ohra		16.8.	88	94	28,3	10620	442	67	-21	131	641	108,9	60	92
ohra		16.8.	0	84	26,7	10020	459	69	-19	141	645	103,3	59	85
ohra		16.8.	62	85	27,7	10240	432	70	-23	155	650	106,4	55	96
ohra		23.8.	10	85	26,5	10980	442	68	-20	105	648	113,7	55	85
ohra		23.8.	27	84	28,0	10930	410	71	-23	127	667	116,6	51	93
ohra		23.8.	17	91	29,0	11650	430	69	-27	123	654	121,8	51	95
vehnä		10.9.	0	92	36,2	10900	498	65	-9	151	640	111,5	49	88
vehnä		10.9.	7	95	33,0	10860	530	62	-14	142	626	108,8	52	86
vehnä		10.9.	0	86	33,6	10390	507	66	-9	139	646	107,5	51	88
vehnä		10.9.	65	96	32,9	10730	536	63	-13	127	623	107,0	51	87
vehnä		10.9.	22	97	35,6	11940	484	64	-19	183	642	122,6	46	89
vehnä		25.9.	5	92	39,5	11190	487	64	-17	174	632	113,2	47	85
kaura		10.9.	4	99	30,9	11630	445	67	-27	98	638	118,6	57	88
kaura		10.9.	48	116	32,3	11770	514	63	-27	88	611	114,9	63	89
kaura		10.9.	49	97	28,0	10930	475	66	-24	102	628	110,0	61	87
kaura		10.9.	32	103	30,3	11020	475	66	-25	87	623	109,8	63	94
seos 1*		30.8.	7	96	31,6	11720	455	67	-28	111	650	121,9	53	99
seos 2**		10.9.	0	90	32,6	11200	506	64	-14	149	634	113,5	53	87
kevättruisvehnä		25.9.	73	126	31,3	12110	532	62	-27	202	609	118,1	52	93
Keskiarvot				89	27,2	10340	448	68	-20	131	644	106,8	57	89
				93	35,1	11000	507	64	-13	153	635	111,8	49	87
				104	30,4	11340	477	66	-26	94	625	113,3	61	89
				100	25,9	10120	460	67	-17	142	646	118,8	52	91
SEM				2,0	0,93	362,8	11,4	0,7	2,8	8,1	5,3	3,75	2,3	2,7
p-arvo				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kontrastit				<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018	<0,001	0,38
				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	0,006
				<0,001	<0,001	0,16	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,52	<0,001	0,05
				0,32	0,57	0,59	0,57	0,29	0,15	0,26	0,47	0,49	0,91	0,95
				0,15	0,74	0,51	0,13	0,014	0,92	0,52	0,23	0,38	0,60	0,55
				<0,001	0,39	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,039	0,029	<0,001

* Ohra (Tocada) 50 %, Kaura (Wilhelmina) 30 %, Vehnä (Anniina) 20 % **Kevättruisvehnä (Wepu) 80 %, syysruisvehnä (Künorit) 20 % ***0.5 x Tocada + 0.3 x Wilhelmina + 0.2 x Anniina

Liite 4. Sadon määrä ja laatu vuonna Ruukissa 2013.

Laj/seos	Lajike	Korjuupv	Lako	Korkeus	Ka	Ka-sato	NDF	OIV	PVT	sokeri	D-ervo	ME-sato	Tuhka	rv
		%	%	cm	%	kg ka/ha	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	GJ/ha	g/kg ka	g/kg ka
ohra	Brage	2.8.	0	89	31,0	9260	462	68	-19	229	648	96,0	49	77
ohra	Saana	2.8.	0	73	36,4	8390	507	65	-17	133	644	86,5	51	86
ohra	Toria	2.8.	0	87	27,7	8460	470	69	-7	203	637	86,1	56	84
ohra	Streif	2.8.	0	67	35,4	9090	490	67	-20	164	666	96,9	46	85
ohra	Grace	2.8.	0	76	27,1	7910	493	69	-9	260	644	81,4	48	87
ohra	Amber	2.8.	0	69	36,0	8450	509	66	-14	143	657	88,5	47	87
ohra	Trekker	2.8.	0	73	32,6	8410	467	70	-22	192	665	89,3	47	79
ohra	Tocada	2.8.	0	74	33,0	8660	486	68	-16	162	654	90,6	46	88
vehnä	Anniina	16.8.	0	96	32,6	9910	573	62	-14	123	623	98,8	43	90
vehnä	Wappu	16.8.	0	93	33,6	10350	559	62	-17	109	631	104,4	42	83
vehnä	Bjarme	16.8.	0	86	32,2	9230	563	64	-13	105	632	93,3	43	89
vehnä	Wellamo	16.8.	0	100	31,5	10390	571	62	-16	116	613	101,9	44	82
vehnä	Marble	16.8.	0	97	31,3	10220	534	64	-13	154	621	101,5	42	81
vehnä	Puntari	16.8.	0	92	30,1	10050	541	64	-13	149	617	99,1	45	86
kaura	Wilhelmina	23.8.	0	102	29,7	10670	484	65	-13	90	618	105,5	59	87
kaura	Roope	23.8.	0	120	31,0	11940	513	63	-23	71	606	115,8	57	79
kaura	liris	23.8.	0	103	28,8	11470	501	65	-19	75	617	113,3	60	83
kaura	Belinda	23.8.	0	106	29,6	11930	506	64	-18	57	610	116,5	60	83
seos 1*		16.8.	0	80	30,4	10580	506	65	-17	105	641	108,5	47	88
seos 2**		16.8.	0	91	29,5	9590	583	62	-16	114	631	96,7	46	85
kevätruisevehnä	Somtri	26.8.	0	138	36,0	12760	534	63	-23	183	630	128,6	43	72
Keskiarvot	ohra			76	32,4	8580	485	68	-16	186	652	89,4	49	84
	vehnä			94	31,9	10030	557	63	-14	126	622	99,8	43	85
	kaura			108	29,8	11500	501	64	-18	73	613	112,8	59	83
SEM	seos 1 vijeltynä puhtaana***			93	29,3	9410	495	67	-11	152,9	628,7	94,5	54,1	86,4
				1,5	1,2	400,5	8,7	0,7	2,5	7,3	7,3	3,75	2,7	2,3
p-arvo				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kontrastit	ohra vs. vehnä			<0,001	0,34	<0,001	<0,001	<0,001	0,35	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,33
	ohra vs. kaura			<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,066	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,33
	vehnä vs. kaura			<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,00	0,014	<0,001	0,009	<0,001	<0,001	0,09
	seos 1 vs. vastaaavat puhtaat			<0,001	0,22	0,012	0,72	0,14	0,40	0,002	0,56	0,006	0,43	0,98
	Wappu vs. seos 2			0,25	0,006	0,13	0,044	0,51	0,61	0,65	1,00	0,13	0,15	0,62
	puhtaat vs. Somtri			<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,007	0,003	<0,001	0,52	<0,001	0,003	<0,001

* Ohra (Tocada) 50 %, Kaura (Wilhelmina) 30 %, Vehnä (Anniina) 20 % **Kevätvehnä (Wappu) 80 %, syysruisevehnä (Kineri) 20 % ***0.5 x Tocada + 0.3 x Wilhelmina + 0.2 x Anniina

2 Valkuaistäydennyksen merkitys kasvavien sonnien kokoviljasäilörehuruokinnalla

Arto Huuskonen ja Erkki Joki-Tokola

MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää valkuaislisän merkitystä maitorotuisten sonnien kokoviljasäilörehuruokinnalla. Koe-eläimet (36 kpl maitorotuisia sonneja) olivat ruokintakokeen alkaessa keskimäärin 217 vuorokauden ikäisiä. Sonnit jaettiin kokeen alussa elopainon ja rodun perusteella yhdeksään neljän eläimen blokkiin, joista ne edelleen arvottiin neljälle koeruokinnalle.

Ryhmän 1 sonnit saivat vapaasti seosrehua, jossa oli kokoviljasäilörehua (60 % kuiva-aineesta) ja litistettyä ohraa (40 % kuiva-aineesta). Ryhmä ei saanut valkuaisäydennystä. Ryhmän 2 sonnit ruokittiin muutoin kuten ryhmä 1 mutta sonneilla oli valkuaisäydennyksenä rypsipohjainen Krono-Tiiviste 35. Tiiviste annostelumäärä oli kokeen aikana keskimäärin 620 g/eläin/vrk. Tiiviste korvasi vastaavan määrän litistettyä ohraa sonnien päiväannoksessa. Ryhmän 3 sonnit ruokittiin muutoin kuten ryhmä 1 mutta sonneilla oli valkuaisäydennyksenä Krono-Tiiviste 45, jossa oli käytetty valkuaisena rypsin lisäksi rehuureaa. Tiiviste annostelu toteutettiin siten, että raakavalkuaislisäys (g/pv) oli sama kuin ryhmän 2 eläimillä. Annostelumäärä oli tällöin 480 g/eläin/vrk keskimäärin kokeen aikana. Tiiviste korvasi vastaavan määrän litistettyä ohraa sonnien päiväannoksessa. Ryhmän 4 sonnit toimivat kontrollikäsiteltyinä, ja ne ruokittiin seosrehulla, jossa oli nurmisäilörehua (60 % kuiva-aineesta) ja litistettyä ohraa (40 % kuiva-aineesta). Ryhmä ei saanut valkuaisäydennystä.

Kokeessa käytetty nurmisäilörehu oli ravitsemukselliselta koostumukseltaan hyvälaatuista. Se sisälsi muuntokelpoista energiaa 10,8 MJ/kg ka, raakavalkuaisista 151 g/kg ka ja NDF-kuitua 581 g/kg ka. Kokoviljasäilörehun raakavalkuaispitoisuus oli 30 %, NDF-pitoisuus 17 % ja energia-arvo 10 % matalampi kuin nurmisäilörehulla.

Sonnien kasvutulokset olivat nurmisäilörehuruokinnalla 6–8 % paremmat kuin kokoviljasäilörehuruokinnalla. Kasvuerot olivat todennäköisesti suurimmaksi osaksi seurausta nurmisäilörehusonnien suuremmasta energian saannista, mikä selittyi kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua heikommalla sulavuudella. Myös kokoviljasäilörehuruokinnalla saavutettiin tässä tutkimuksessa hyvät kasvutulokset (nettokasvu keskimäärin 618 g/pv), mikä osoittaa kokoviljasäilörehun olevan varteenotettava vaihtoehto lihanautatilan rehuvaljelyssä. Valkuaistäydennys ei parantanut sonnien kasvua kokoviljasäilörehuruokinnalla. Lisääntynyt raakavalkuaisen saanti ja dieetin korkeampi PVT-arvo valkuaisäydennystä saaneilla ruokinnalla ei realisoitunut parempina kasvuvasteina, vaikka kokoviljasäilörehuruokinnan PVT-arvo oli ilman valkuaislisää nykyisiä suomalaisia lihanautojen ruokintasuosituksia alemmalla tasolla. Tulosten perusteella maitorotuisten sonnien valkuaisen saanti on riittävä, kun rehuannoksen PVT on yli -20 g/kg ka ja dieetin raakavalkuaispitoisuus noin 110 g/kg ka. Valkuaistäydennyksen laadulla (tavanomainen vs. ureapitoinen) ei ollut vaikutusta tuotantotuloksiin.

Avainsanat:

naudanlihantuotanto, sonnit, ruokinta, kokoviljasäilörehu, valkuainen, kasvu, syönti, ruhon laatu

2.1 Johdanto

Kokoviljasäilörehuksi korjattava viljakasvusto voidaan korjata nurmirehun korjuukalustolla ja varastoida nurmisäilörehun tavoin (Joki-Tokola ym. 2002a). Siten nautakarjatilán rehunkorjuussa tarvitaan parhaimmillaan vain yksi korjuukoneketju. Nurmisäilörehun korjuu- ja säilöntämenetelmien käyttö viljan korjuuseen tulee huomattavasti edullisemmaksi kuin jyväsadon leikkuupuinti ja sadon varastointi kuivaamalla. Kokoviljasäilörehu soveltuu erityisen hyvin suojaviljan korjuutavaksi, sillä viljan aikaisempi korjuu edesauttaa nurmen kehittymistä mm. siksi, että viljakasvuston mahdollisen lakoontumisen aiheuttama haitta jää tällöin vähäisemmäksi (Joki-Tokola 2002). Suojaviljan olkisato on joka tapauksessa korjattava pois uudistettavalta nurmialalta. Olkisadon rehuarvo on kokoviljasäilörehuksi korjattuna parempi kuin leikkuupuituna. Lisäksi säilöntä kokoviljasäilörehuna on helpompaa kuin puinnin jälkeen korjattuna erillisenä olkisatona. Kokoviljasäilörehun nykyistä laajamittaisemmalla käytöllä olisikin todennäköisesti mahdollista merkittävästi alentaa nautatilojen rehuntuotantokustannuksia.

Vaikka kokoviljasäilörehun viljely sisältää monia viljelytekniisiä etuja, viljelyn järkevyyden ratkaisee pitkälti rehun tuotantovaikutus nautojen ruokinnassa. Kokoviljasäilörehun käyttöä lypsylehmien ja lihanautojen ruokinnassa rajoittaa eniten rehun heikko sulavuus (Joki-Tokola 2002). Siksi kokoviljasäilörehun raaka-aineeksi soveltuvat parhaiten viljakasvilajit ja -lajikkeet, joiden sulavuus on luontaisesti hyvä. Koska kokoviljasäilörehu koostuu heikosti sulavasta korsisadosta ja hyvin sulavasta jyväsadosta, kokoviljasäilörehun sulavuus riippuu ratkaisevasti edellä mainittujen satofraktioiden suhteellisesta osuudesta viljakasvustossa. Ohra on meillä viljeltävistä viljakasvilajeista kokoviljaksi korjattuna sulavuudeltaan luontaisesti paras, koska ohran kokoviljasato sisältää viljakasveista maissin jälkeen suhteellisesti eniten jyviä (Ellen 1993). Tämä todettiin myös Ruukissa vuonna 1995 tehdyssä kenttäkokeessa, jossa kokoviljaksi korjattujen ohran, kauran ja kevätvehnän kuiva-ainesadot olivat keskimäärin 10 861, 12 258 ja 12 765 kg/ha (Joki-Tokola 1996). Kasvilajien väliset satoerot syntyivät korsisatojen eroina. Korsisadon suhteellisesti suurempi osuus kauran ja kevätvehnän kokoviljasadossa heikensi sadon sulavuutta niin, että kaura- ja kevätvehnäsadon sulavuus (D-arvo) oli keskimäärin runsaat 10 % heikompi kuin ohralla.

Lihanautojen ruokinta suomalaisilla liharajtiloilla perustuu yleisesti nurmisäilörehuun. Viimeaikaiset kotimaiset kasvavien lihanautojen ruokintatutkimukset ovat osoittaneet, että maitorotuiset sonnit eivät yleensä hyödy valkuaistäydennyksestä yli puolen vuoden iässä, jos rehuannoksessa on raakavalkuaista yli 130 g/kg ka ja eläinten energiansaanti on turvattu riittävällä väkirehun osuudella (vähintään 20 % rehuannoksen kuiva-aineesta) (Huuskonen ym. 2007, 2008, Huuskonen 2009, 2011, Pesonen ym. 2013). Puhasta viljakasvustosta korjattu kokoviljasäilörehu sisältää yleensä niukasti (jopa alle 100 g/kg ka) raakavalkuaista (Joki-Tokola 2002). Tämän vuoksi kokoviljasäilörehulla ruokittujen sonnien rehuannoksessa suositellaan käytettäväksi valkuaistäydennystä (Joki-Tokola 2003). Nämä suositukset perustuvat kuitenkin vain muutamiin kokoviljasäilörehuilla tehtyihin lihanautojen ruokintakokeisiin, joissa eläinmäärä koekäsittelyä kohti on ollut rajallinen (3–6 eläintä / koekäsittely) (Joki-Tokola 2002, Joki-Tokola ym. 2002b, 2002c). Tämän vuoksi optimaalisen valkuaistäydennyksen määrä ja laatu ohrakokoviljasäilörehuruokinnalle eivät ole täysin selvillä.

Tässä raportoitavalla ruokintakokeella haluttiin selvittää valkuaistäydennyksen merkitystä maitorotuisien sonnien ohrakokoviljasäilörehuruokinnalla, kun valkuaistäydennyksenä käytettiin joko tavanomaista (rypsirouhe) tai ureapitoista valkuaistiivistettä. Lisäksi testattiin kokoviljasäilörehuruokintojen tuotantovaikutusta nurmisäilörehupohjaiseen ruokintaan verrattuna. Tutkimushypoteeseina olivat: 1) sonnit kasvavat nurmisäilörehupohjaisella ruokinnalla paremmin kuin ohrakokoviljapohjaisilla ruokinnalla, 2) valkuaistäydennys parantaa sonnien kasvua kokoviljasäilörehupohjaisella ruokinnalla ja 3) valkuaistäydennyksen laadulla (tavanomainen vs. ureapitoinen) ei ole vaikutusta tuotantotuloksiin.

2.2 Aineisto ja menetelmät

2.2.1 Koe-eläimet ja koeolosuhteet

Ruokintakoe suoritettiin MTT:n Siikajoen toimipisteessä. Koe alkoi tammikuussa 2012 ja loppui helmikuussa 2013. Koe-eläimet (36 kpl maitorotuisia sonneja) oli hankittu ternivasikoina A-Tuottajat Oy:n eläinvälityksestä ja välikasvatettu MTT Siikajoen toimipisteessä. Ruokintakokeen alkaessa sonnit olivat keskimäärin 217 (± 11.0) vuorokauden ikäisiä. Ruokintakoetta varten sonnit kytkettiin parteen, jotta saatiin eläinkohtaisia havaintoja. Parsien leveys oli kokeen alussa 70–90 senttimetriä ja kokeen lopussa 113 senttimetriä. Parsien etuosassa oli parsimatto ja takaosassa oli ritalä. Parsissa ei käytetty kuiviketta. Ennen

ruokintakokeen alkua kaikilla eläimillä oli noin kuukauden mittainen aloitusjakso. Tämän jakson aikana eläimet totutettiin parsiosuhteisiin sekä koerehuihin. Totutusjakson aikana kaikki sonnit saivat ohrasta taikinatuulentumisasteella korjattua kokoviljasäilörehua ja väkirehuna litistettyä ohraa. Ohran osuus oli 40 % rehuannoksen kuiva-aineesta.

Sonnit punnittiin kokeen aikana neljän viikon välein ruokintajakson vaihtuessa. Kokeen alussa ja lopussa sonnit punnittiin kahtena peräkkäisenä päivänä ja tuloksena käytettiin näiden keskiarvoa. Punnitukset tehtiin aina aamuisin ennen ruokintaa.

2.2.2 Rehut ja ruokinta

Sonnit jaettiin kokeen alussa niiden elopainon ja rodun perusteella yhdeksään neljän eläimen blokkiin (7 ayrshire-blokkia ja 2 holstein-friisiläis-blokkia), joista ne edelleen arvottiin neljälle eri koeruokinnalle. Koeryhmät olivat seuraavat:

Ryhmä 1. Sonnit saivat vapaasti seosrehua, jossa oli kokoviljasäilörehua (57 % kuiva-aineesta) ja litistettyä ohraa (43 % kuiva-aineesta). Lisäksi eläimille annettiin tarvittavat kivennäiset ja vitamiinit. Ryhmän sonnit eivät saaneet valkuaisäydennystä. Ryhmän lyhenne: KV.

Ryhmä 2. Ruokinta muutoin kuin ryhmällä 1 mutta sonneilla oli valkuaisäydennyksenä rypsipohjainen Krono-Tiiviste 35. Tiiviste annostelumäärä oli 620 g/eläin/vrk. Tiiviste korvasi vastaavan määrän litistettyä ohraa sonnien päiväannoksessa. Lisäksi eläimille annettiin tarvittavat kivennäiset ja vitamiinit. Ryhmän lyhenne: KVR.

Ryhmä 3. Ruokinta muutoin kuin ryhmällä 1 mutta sonneilla oli valkuaisäydennyksenä Krono-Tiiviste 45, jossa oli käytetty valkuaisena rypsin lisäksi rehu-ureaa. Tiiviste annostelu toteutettiin siten, että raakavaluvalkuaislisäys (g/pv) oli sama kuin ryhmän 2 eläimillä. Annostelumäärä oli tällöin 480 g/eläin/vrk. Tiiviste korvasi vastaavan määrän litistettyä ohraa sonnien päiväannoksessa. Lisäksi eläimille annettiin tarvittavat kivennäiset ja vitamiinit. Ryhmän lyhenne: KVRU.

Ryhmä 4. Kontrolliruokintana oli seosrehu, jossa oli hyvälaatuista nurmisäilörehua (57 % kuiva-aineesta) ja litistettyä ohraa (43 % kuiva-aineesta). Lisäksi eläimille annettiin tarvittavat kivennäiset ja vitamiinit. Ryhmän sonnit eivät saaneet valkuaisäydennystä. Ryhmän lyhenne: NSR.

Sonnit ruokittiin koko kokeen ajan edellä mainituilla seosrehuilla, joita ne saivat syödä vapaasti. Ruokinta tapahtui kolmesti päivässä, kello 7:00, 12:00 ja 18:00. Sonnit saivat juoda vettä vapaasti. Jotta päivittäinen rehun kulutus saatiin selville, ruokintakaukalot tyhjennettiin päivittäin ja punnittiin mahdolliset edellisen päivän rehujäämät, jotka vähennettiin päivän rehuannoksesta.

Ryhmien 1–3 karkearehuna oli taikinatuulentuneesta ohrakasvustosta korjattu kokoviljasäilörehu. Rehu korjattiin suoraan pystykasvustosta niittopäällä varustetulla tarkkuussilppurilla ja säilöttiin laakasiiloon. Säilönnässä käytettiin muurahaishappopohjaista säilöntäainetta (AIV 2 Plus, Kemira Oyj) 5 litraa/tonni tuoretta rehua. Säilöntäaineessa oli muurahaishappoa 750 g/kg ja ammoniumformaattia 55 g/kg. Ryhmän 4 karkearehuna oli esikuivattu timotei-nurminatasäilörehu, joka oli korjattu noukinvaunulla ja säilötty laakasiiloon. Käytössä oli sekä ensimmäisen että toisen sadon rehua. Nurmisäilörehulla käytettiin samaa säilöntäainetta ja säilöntäaineen annostelumäärää kuin kokoviljasäilörehulla.

Ryhmälle 2 annettu Krono 35 -tiiviste sisälsi rypsirouhetta (753 g/kg ka), melassileikettä (90,5 g/kg ka), rypsipuristetta (79 g/kg ka), seosmelassia (45 g/kg ka), vehnälesettä (20 g/kg ka), suolaa (6 g/kg ka), kalsiumkarbonaattia (4,5 g/kg ka) ja esiseoksia (2 g/kg ka).

Ryhmän 3 saama Krono 45 -tiiviste sisälsi puolestaan rypsirouhetta (578 g/kg ka), vehnälesettä (239 g/kg ka), mäskijauhoa (60 g/kg ka), ureaa (50 g/kg ka), seosmelassia (50 g/kg ka), esiseoksia (8,5 g/kg ka), suolaa (5,5 g/kg ka), kasviöljyä (5 g/kg ka) ja panimohiivaa (4 g/kg ka).

Kaikki eläimet saivat kivennäisseosta (Seleeni Hertta Muro, Suomen Rehu Oy) ja vitamiinivalmistetta (Xylitol ADESAN, Suomen Rehu Oy). Kivennäisseos ja valkuaislisät lisättiin seosrehuun käsin päivittäin ja vitamiinit kerran viikossa. Annokset sekoitettiin hyvin maittavuusongelmien ehkäisemiseksi.

2.2.3 Rehunäytteiden otto, esikäsitely ja analysointi

Aina seosrehua tehtäessä säilörehuista otettiin näytteitä, jotka pakastettiin ja yhdistettiin jokaisen neljän viikon ruokintajakson analyysinäytteeksi. Ohrasta ja valkuaistiivisteistä kerättiin näytteet jokaisesta rehuerästä ja yhdistettiin eräkohtaisiksi analyysinäytteiksi. Rehunäytteet analysoitiin MTT:n laboratoriossa Jokioisilla. Ohra ja säilörehut analysoitiin myös Valio Oy:n aluelaboratoriossa Seinäjoella.

Säilörehuista ja väkirehuista analysoitiin kuiva-aine, tuhka, typpi, neutraalidetergenttikuitu (NDF), hapodetergenttikuitu (ADF), raakasva ja tärkkelys MTT laboratoriossa Jokioisilla. Primäärinen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (105 °C, 20 h). Säilörehun kuiva-aine korjattiin Huidan ym. (1986) kuvaamalla menetelmällä haihtuvien yhdisteiden (maitohappo, haihtuvat rasvahapot ja ammoniakki) osalta. Orgaanisen aineen pitoisuus saatiin polttamalla näytettä (600 °C, 18 h) ja vähentämällä saadun tuhkan määrä kuiva-aineen määrästä. NDF ja ADF määritettiin Van Soestin ym. (1991) kuvaamalla tavalla. Raakavalkuaisen määrittelyssä käytettiin Dumas-tyypin typpianalysointia (Leco FP-428 N Analyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA). Tärkkelys määritettiin Salon ja Salmen (1968) kuvaamalla tavalla ja raakasva AOAC (1995) mukaisesti.

Säilörehuista määritettiin käymislaatu (pH, liukoinen typpi, ammoniumtyppi, vesiliukoiset hiilihydraatit, haihtuvat rasvahapot ja maito- sekä muurahaishappo) Valio Oy:ssä käytössä olevalla puristenestetitruukseen pohjautuvalla laatumäärittelyllä (Moisio ja Heikonen 1989). Säilörehun D-arvo (sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa) määritettiin Huhtasen ym. (2006) mukaisesti. Rehujen energia- ja valkuaisarvot laskettiin MTT:n (2014) kuvaamalla tavalla.

2.2.4 Ruokintojen sulavuus

Ruokintojen näennäinen in vivo -sulavuus määritettiin kerran kokeen aikana kaikilta sonneilta käyttäen AIA-menetelmää, jossa käytetään merkkiaineena happoon liukenematonta tuhkaa (Van Keulen ja Young 1977). Sonneilta kerättiin sontanäytteitä viiden vuorokauden ajan kahdesti päivässä: kello 7:00 ja 14:00. Kerätyt näytteet yhdistettiin sonnikohtaisiksi kokonaisnäytteiksi. Sulavuuskokeiden aikana myös rehuista (säilörehu, ohra, valkuaistiivisteet, kivennäinen) otettiin näytteet määrittelyä varten. Näytteistä määritettiin kuiva-aine, orgaaninen aine, raakavalkuainen, NDF, ADF, tärkkelys ja AIA edellä kuvatuilla menetelmillä.

2.2.5 Teurastus

Sonnit teurastettiin kahdessa erässä Atria Oy:n Kauhajoen teurastamossa keskimäärin 562 vuorokauden ikäisinä, mikä vastaa Suomessa teurastettavien maitorotuisten sonnien keskimääräistä teurastusikää. Sonnien päiväkasvu laskettiin loppupainon ja kokeen alun painon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Nettokasvu laskettiin teuraspainon ja kokeen alun ruhopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ruhopainona kokeen alussa käytettiin elopaino $\times 0,5$.

Teurastus tapahtui yleisten teurastuskäytäntöjen mukaan (EC 2006). Teuraspaino määritettiin pään, vuidan, jalkojen, hännän, sisäelinten ja sisälmysrasvan poistamisen jälkeen. Ruhon lihakuus määriteltiin käyttäen EUROP-luokitusta, jossa E tarkoittaa lihakuudeltaan erinomaista ja P lihakuudeltaan heikkoa ruhoa. Luokkia oli kaiken kaikkiaan 15 (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P, P-). Tilastollista käsittelyä varten luokat numeroitiin numeroilla 1–15. Rasvaluokitus tehtiin asteikolla 1–5, jossa 1 tarkoittaa vähärasvaista ja 5 erittäin rasvaista ruhoa (EC 2006).

2.2.6 Tilastollinen analyysi

Tulosten tilastollisena käsittelyä tehtiin varianssianalyysi SAS-ohjelmiston GLM-proseduurilla. Testauksessa käytetty koe-malli oli:

$$y_{ijkl} = \mu + \beta_j + \gamma_k + \alpha_i + e_{ijkl},$$

missä μ on yleiskeskiarvo, α_i on koekäsittelyn (ruokinnan) kiinteä vaikutus ($i=1,2,3,4$), β_j on blokin satunnaisvaikutus ($j=1, \dots, 9$), γ_k on teuraserän satunnaisvaikutus ($k=1,2$) ja e_{ijkl} on virhetermi.

Koekäsittelyjen väliset tilastolliset erot testattiin kontrasteilla. Ensimmäisellä kontrastilla verrattiin nurmisäilörehupohjaista ruokintaa kokoviljasäilörehupohjaisiin ruokintoihin (NSR vs. muut). Toisella kont-

rastilla verrattiin kokoviljasäilörehulla ilman valkuaistäydennystä ruokittuja sonneja valkuaistäydennyksen saaneisiin kokoviljasäilörehusonneihin (KV vs. KVR + KVRU). Kolmannella kontrastilla verrattiin valkuaistäydennyksen laadun (tavanomainen vs. ureapitoinen) vaikutusta (KVR vs. KVRU).

2.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

2.3.1 Kokeessa käytettyjen rehujen koostumus

Koerehujen kemialliset koostumukset ja rehuarvot on esitetty taulukossa 1. Kokeessa käytetty nurmisäilörehu oli ravitsemukselliselta koostumukseltaan hyvälaatuista. Kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 255 g/kg ja D-arvo 678 g/kg ka. Nurmisäilörehussa oli muuntokelpoista energiaa 10,8 MJ/kg ka, raakavalkuaista 151 g/kg ka ja NDF-kuitua 581 g/kg ka. OIV-pitoisuus oli keskimäärin 82 g/kg ka ja PVT-arvo 29 g/kg ka. Nurmisäilörehu oli käymislaadultaan hyvää (Taulukko 1).

Taulukko 1. Koerehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	Nurmisäilörehu	Ohrakokoviljasäilörehu	Ohra	Krono35	Krono45
Näytemäärä, kpl	13	13	4	4	4
Kuiva-aine (ka), g/kg	255	462	892	875	875
Orgaaninen aine, g/kg ka	931	932	976	915	918
Raakavalkuainen, g/kg ka	151	105	132	328	452
Neutraalidetergenttikuitu (NDF), g/kg ka	581	484	197	283	285
Happodetergenttikuitu (ADF), g/kg ka	353	231	44	187	152
Raakasva, g/kg ka	45	20	18	36	47
Tärkkelys, g/kg ka	9	182	564	32	65
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,8	9,7	13,1	11,6	10,6
OIV, g/kg ka	82	72	98	160	135
PVT, g/kg ka	29	-19	-16	128	270
D-arvo, g/kg ka	678	623			
Säilörehun syönti-indeksi	98	114			
Säilörehun ME-indeksi	99	100			
Säilörehujen säilönnällinen laatu					
pH	4,05	4,41			
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	18	5			
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka	49	19			
Sokerit, g/kg ka	45	106			
Kokonaistypestä, g/kg					
Ammoniumtyppi	60	29			
Liukoinen typpi	482	356			

Kokeessa käytetty kokoviljasäilörehu oli selvästi kuivempaa kuin nurmisäilörehu (Taulukko 1). Kokoviljasäilörehun raakavalkuaispitoisuus oli 30 % ja NDF-pitoisuus 17 % matalampi kuin nurmisäilörehulla. Kokoviljasäilörehun energia-arvo oli 10 % heikempi kuin nurmisäilörehulla. Säilönnälliseltä laadultaan kokoviljasäilörehu oli hyvää. Kokeessa käytetyn rehuohran kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 892 g/kg, ohrassa oli muuntokelpoista energiaa 13,1 MJ/kg ka ja raakavalkuaista 132 g/kg ka. Ohran OIV-pitoisuus oli keskimäärin 98 g/kg ka ja PVT-arvo -16 g/kg ka.

Kokeessa käytettyjen seosrehujen keskimääräiset laskennalliset koostumukset ja rehuarvot on esitetty taulukossa 2. Krono 35 ja Krono 45 -tiivisteitä sisältävien seosten (KVR ja KVRU) raakavalkuaispitoisuus oli keskimäärin 17 % korkeampi kuin KV-seoksen. KV-seoksen PVT-arvo (-18 g/kg ka) oli nykyisiä suomalaisia lihanautojen ruokintasuosituksia alemmalla tasolla, sillä virallisten suositusten mukaan yli 200 kg painavien sonnien ja hiehojen valkuaisen saanti on riittävä, kun rehuannoksen pötsin valkuaistase

eli PVT on yli -10 g/kg ka (MTT 2013). Valkuaistiivistetydennys nosti KVR ja KVRU -seosten PVT-arvon nykysuositusten mukaiselle tasolle (Taulukko 2).

Valkuaistiivisteitä sisältäneissä seoksissa oli vähemmän tärkkelystä kuin KV-seoksessa. Nurmisaïlöhuseokseen verrattuna kokoviljasäilöhuseokset sisälsivät vähemmän energiaa ja kuitua mutta enemmän tärkkelystä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Koeruokintojen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

Ruokinta	NSR	KV	KVR	KVRU
Kuiva-aine, g/kg	357	572	572	572
Orgaaninen aine, g/kg ka	949	950	944	946
Raakavalkuainen, g/kg ka	143	116	133	138
NDF, g/kg ka	427	369	377	375
ADF, g/kg ka	230	157	169	164
Raakarasva, g/kg ka	34	19	21	21
Tärkkelys, g/kg ka	280	335	287	300
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,7	11,1	10,9	10,9
OIV, g/kg ka	88	82	88	85
PVT, g/kg ka	11	-18	-5	3

NSR = karkearehuna nurmisaïlöhuhu, ei valkuaislisää.

KV = karkearehuna ohrakokoviljasäilöhuhu, ei valkuaislisää.

KVR = karkearehuna ohrakokoviljasäilöhuhu, valkuaislisänä rypsi (Krono 35).

KVRU = karkearehuna ohrakokoviljasäilöhuhu, valkuaislisänä rypsi + urea (Krono 45).

2.3.2 Ruokintojen sulavuus

Ruokintojen näennäisissä in vivo –sulavuuksissa oli selkeitä eroja nurmisaïlöhuhupohjaisen ruokinnan ja kokoviljasäilöhuhupohjaisten ruokintojen välillä (Taulukko 3). Sekä dieetin kuiva-aineen että orgaanisen aineen sulavuuskertoimet olivat nurmisaïlöhuruokinnalla noin 7 % suuremmat kuin kokoviljasäilöhuruokinnalla. Tämä ero aiheutui erityisesti kuitufraktioiden heikosta sulavuudesta kokoviljasäilöhuruokinnalla, mikä on yhdenmukainen tulos monien aikaisempien kokoviljasäilöhuhuilla toteutettujen ruokintakokeiden kanssa (Abdalla ym. 1999, Sinclair ym. 2003, Walsh ym. 2008, Huuskonen & Joki-Tokola 2010). On kuitenkin syytä huomata, että ruokintojen väliset erot kuiva-aineen ja orgaanisen aineen in vivo –sulavuuksissa olivat selvästi pienemmät kuin ruokintojen väliset erot kuitufraktioiden sulavuuksissa (Taulukko 3). Tämä kertoo siitä, että kokoviljasäilöhuhun sisältämä tärkkelys yhdessä tärkkelyksen korkean sulavuuden kanssa pystyy jonkin verran kompensoimaan kuitufraktion heikompa sulavuutta suhteessa nurmisaïlöhuhuun. Tärkkelyksen korkeat sulavuuskertoimet kertovat siitä, että suurin osa kokoviljasäilöhuhujen sisältämistä jyvistä tuli hajotettua ruoansulatuskanavassa eivätkä ne kulkeutuneet kokonaisina tai vain osaksi sulaneina ruoansulatuskanavan läpi.

Kokoviljasäilöhuruokintojen välillä ei ollut keskinäisiä eroja kuiva-aineen, orgaanisen aineen, kuitufraktioiden eikä tärkkelyksen sulavuuskertoimissa (Taulukko 3). Sen sijaan raakavalkuaisen sulavuudessa oli merkitseviä eroja ruokintaryhmien välillä. Valkuaistäydennystä saaneilla ruokinnalla (KVR ja KVRU) raakavalkuaisen sulavuuskerroin oli suurempi kuin KV-ruokinnalla. Lisäksi KVR-ruokinnalla raakavalkuaisen sulavuuskerroin oli noin 9 % suurempi kuin KVRU-ruokinnalla. Myös monissa aiemmissä tutkimuksissa dieetin raakavalkuaisen sulavuus on parantunut lisävalkuaista annettaessa (Aronen 1990, Aronen ym. 1992, Huuskonen ym. 2007, Huuskonen ym. 2008, Huuskonen 2009, Huuskonen 2011). Parempi raakavalkuaisen sulavuus selittyy osin rypsin valkuaisen hyvällä sulavuudella, mutta osa siitä on pelkästään näennäistä. Esimerkiksi Huhtanen ym. (1989) raportoivat raakavalkuaisen sulavuuden parantuneen valkuaislisää tarjottaessa. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että tyypeä erittyi virtsaan enemmän lisävalkuaista annettaessa.

Taulukko 3. Sulavuuskertoimet, rehun syönti ja ravintoaineiden saanti.

Ruokinta	NSR	KV	KVR	KVRU	SEM	Kontrastit		
						1	2	3
Sulavuuskertoimet								
Kuiva-aine	0,768	0,722	0,719	0,714	0,0079	<0,001	0,58	0,70
Orgaaninen aine	0,783	0,739	0,737	0,733	0,0080	<0,001	0,68	0,70
Raakavalkuainen	0,750	0,689	0,768	0,705	0,0098	0,02	<0,001	<0,001
NDF	0,738	0,536	0,519	0,526	0,0125	<0,001	0,38	0,70
ADF	0,754	0,475	0,452	0,465	0,0128	<0,001	0,30	0,48
Tärkkelys	0,988	0,954	0,955	0,959	0,0041	<0,001	0,57	0,45
Syönti								
Säilörehu, kg ka/pv	5,84	5,84	5,77	5,71	0,132	0,66	0,51	0,75
Väkirehu, kg ka/pv	4,34	4,34	4,39	4,22	0,088	0,83	0,74	0,20
Yhteensä, kg ka/pv	10,18	10,19	10,16	9,93	0,219	0,72	0,60	0,48
Ka, g/kg elopaino ^{0,60}	246	254	253	258	7,2	0,26	0,87	0,65
Ka, g/kg elopaino ^{0,75}	97	101	101	103	2,9	0,21	0,88	0,65
Energia, MJ/pv	120	113	112	109	2,4	0,006	0,42	0,40
Raakavalkuainen, g/pv	1495	1207	1290	1286	27,1	<0,001	0,02	0,93
OIV, g/pv	902	843	883	836	16,7	0,02	0,42	0,06
PVT, g/pv	140	-144	-72	-25	3,2	<0,001	<0,001	<0,001
NDF, g/pv	4238	3679	3693	3622	81,5	<0,001	0,83	0,54
Tärkkelys, g/pv	2492	3514	3240	3218	72,7	<0,001	0,003	0,83

NSR = karkearehuna nurmisäilörehu, ei valkuaislisää.

KV = karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu, ei valkuaislisää.

KVR = karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu, valkuaislisänä rypsi (Krono 35).

KVRU = karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu, valkuaislisänä rypsi + urea (Krono 45).

SEM = Keskiarvon keskivirhe.

Kontrastit: 1 = NSR vs. muut, 2 = KV vs. KVR + KVRU, 3 = KVR vs. KVRU.

2.3.3 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti

Sonnien kokonaiskuiva-aineensyönti oli kokeen aikana keskimäärin 10,11 kg/pv eikä ruokintaryhmien välillä ollut eroa kuiva-aineensyönnissä (Taulukko 3). Kun rehun kuiva-aineensyöntiä tarkasteltiin suhteessa elopainoon, ruokintojen väliset numeeriset erot muuttuivat siten, että elopainoa kohti syönti oli hieman suurempi kokoviljasäilörehuruokinnolla kuin nurmisäilörehulla. Tämä ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Taulukossa 3 on tarkasteltu kuiva-aineensyöntiä sekä elopainon potenssiin 0,6 että 0,75. Ingvarsenin (1994) mukaan metabolista elopainoa (elopaino^{0,75}) käytetään yleisimmin rehun syöntiä ennustavissa malleissa. Tämä on yllättävää, sillä jo Brody (1945) esitti, että vapaaehtoisen rehun syönnin ja elopainon suhde kasvavilla naudoilla on parempi ilmaista muodossa elopaino^{0,60}, ja tämän ovat myöhemmin vahvistaneet mm. Colburn ym. (1968) ja Forbes (1971).

Kokoviljasäilörehuruokintojen välillä ei ollut eroa rehun syöntimäärissä laskettiinpa rehun syönti päiväkohtaisena tai elopainoa kohden. Valkuaislisä ei yleisesti ottaen vaikuta syöntiin kasvavilla lihanaudoilla (Forbes 2007, Huuskonen ym. 2013a). Huuskonen ym. (2007, 2008) ja Huuskonen (2011) eivät myöskään todenneet eroa yli puolivuotiaiden sonnien kuiva-aineen syönnissä verrattaessa nurmisäilörehuun ja ohraan perustuvaa ruokintaa ilman valkuaislisää ja valkuaislisän kanssa. Valkuaislisällä on mahdollista saada syöntiä lisäävä vaikutus lähinnä, kun karkearehun valkuaispitoisuus on todella alhainen.

Erot säilörehujen ravintoainesisällöissä näkyivät ruokintaryhmien ravintoaineiden saannissa (Taulukko 3). Energian, valkuaisen ja kuidun päivittäinen saanti oli nurmisäilörehuruokinnolla selvästi kokoviljaruokintoja suurempaa. Nurmisäilörehua saaneilla sonneilla muuntokelpoisen energian päivittäinen saanti oli noin 8 % suurempaa kuin kokoviljasäilörehua saaneilla sonneilla keskimäärin. Tärkkelyksen päivittäinen saanti oli kokoviljasäilörehuruokinnolla nurmisäilörehuruokintaa suurempi.

Kokoviljasäilörehuryhmien välillä ei ollut eroa päivittäisessä energian saannissa, mutta valkuaisäyden-
nystä saaneilla ruokinnoilla raakavalkeaisen ja PVT:n saanti oli merkitsevästi suurempi kuin KV-
ruokinnalla (Taulukko 3). Vastaavasti tärkkelyksen saanti oli KV-ruokinnalla korkeammalla tasolla kuin
valkuaisäydenystä saaneilla ruokinnoilla. Valkuaisäydenystä saaneiden ruokintojen (KVR ja KVRU)
välillä oli eroa ainoastaan OIV:n ja PVT:n saantien osalta. KVR-sonneilla OIV:n saanti oli noin 4 % suu-
rempi ($p=0.13$) kuin KVRU-sonneilla. PVT:n saanti oli puolestaan KVRU-sonneilla KVR-sonneja suu-
rempaa.

2.3.4 Kasvu ja rehun hyväksikäyttö

Sonnit painoivat ruokintakokeen alussa keskimäärin 265 kg, eikä ruokintaryhmien välillä ollut eroa ko-
keen alkupainoissa (Taulukko 4). Eläimet teurastettiin 562 vuorokauden ikäisinä, jolloin niiden elopaino
oli keskimäärin 675 kg. Teurastusiässä ei ollut eroa ruokintaryhmien välillä, mutta nurmisäilörehusonnien
elopaino kokeen lopussa oli noin 4 % suurempi kuin kokoviljasäilörehusonneilla keskimäärin. Nurmisäi-
lörehusonnien teuraspaino (356 kg) oli noin 5 % suurempi kuin kokoviljasäilörehusonneilla keskimäärin
(338 kg). Sen sijaan kokoviljasäilörehuryhmien välillä ei ollut keskinäisiä eroja kokeen lopun elopainossa
eikä teuraspainossa (Taulukko 4).

Taulukko 4. Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö.

Ruokinta	NSR	KV	KVR	KVRU	SEM	Kontrastit		
						1	2	3
Ikä teurastettaessa, vrk	561	563	562	561	3,5	0,81	0,79	0,80
Alkupaino, kg	267	262	266	266	2,9	0,63	0,28	0,89
Loppupaino, kg	695	671	667	666	12,1	0,06	0,74	0,98
Teuraspaino, kg	356	339	339	336	6,6	0,03	0,87	0,77
Kasvu								
Päiväkasvu, g/pv	1252	1193	1173	1175	33,1	0,07	0,64	0,96
Nettokasvu, g/pv	666	620	620	613	18,6	0,03	0,85	0,80
Teurastulokset								
Teurasprosentti, g/kg	512	505	509	505	4,6	0,26	0,73	0,57
Lihakkuus	5,0	4,4	4,5	4,8	0,20	0,06	0,41	0,37
Rasvaisuus	3,3	2,8	2,7	2,8	0,14	0,003	0,89	0,82
Teurastili (ALV 0)								
€/eläin	1182	1108	1135	1124	37,2	0,18	0,63	0,84
€/kg	3,32	3,23	3,34	3,34	0,068	0,84	0,22	0,96
Rehun hyväksikäyttö								
kg ka/päiväkasvu-kg	7,99	8,64	8,71	8,95	0,362	0,07	0,66	0,64
kg ka/nettokasvu-kg	15,02	16,54	16,51	17,18	0,691	0,04	0,72	0,50
MJ/päiväkasvu-kg	89	99	98	101	4,1	0,04	0,85	0,52
MJ/nettokasvu-kg	167	189	185	195	7,7	0,02	0,90	0,38

NSR = karkearehuna nurmisäilörehu, ei valkuaislisää.

KV = karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu, ei valkuaislisää.

KVR = karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu, valkuaislisänä rypsi (Krono 35).

KVRU = karkearehuna ohrakokoviljasäilörehu, valkuaislisänä rypsi + urea (Krono 45).

SEM = Keskiarvon keskivirhe.

Kontrastit: 1 = NSR vs. muut, 2 = KV vs. KVR + KVRU, 3 = KVR vs. KVRU.

Sonnien päiväkasvu oli nurmisäilörehupohjaisella ruokinnalla noin 6 % ja nettokasvu noin 8 % parempi
kuin kokoviljasäilörehupohjaisilla ruokinnoilla keskimäärin. Kasvuerot olivat todennäköisesti seurausta
nurmisäilörehusonnien suuremmasta päivittäisestä energian saannista, joka puolestaan selittyy kokovil-
jasäilörehun nurmisäilörehua heikommalla sulavuudella. Havaitut kasvuerot vastaavat hyvin eroa sonnien
päivittäisessä energian saannissa. Aikaisemmissa kokoviljasäilörehuilla tehdyissä lihanautojen kasvatus-
kokeissa (O'Kiely ja Moloney 1999, O'Kiely ja Moloney 2002, Keady 2005, Keady ym. 2007, Walsh
ym. 2008, Huuskonen ja Joki-Tokola 2010) on havaittu hyvin vaihtelevia kasvatuloksia suhteessa kul-

loinkin verrokkina käytettyyn nurmisäilörehuun. Esimerkiksi vehnäkokoviljasäilörehun lisääminen rehuannokseen on heikentänyt (O’Kiely ja Moloney 1999), parantanut (O’Kiely ja Moloney 2002) tai sillä ei ole ollut vaikutusta (Keady ym. 2007) lihanautojen kasvuun. Kasvuvasteet ovatkin riippuvaisia sekä kontrolliruokintana käytetyn nurmisäilörehun että tutkitun kokoviljasäilörehun ravitsemuksellisesta ja säilönällisestä laadusta. Tässä raportoidussa tutkimuksessa kontrolliruokintana käytetty nurmisäilörehu oli hyvälaatuista, jolloin kokoviljasäilörehuruokinnolla saavutetut kasvatulokset jäivät sitä heikommalle tasolle. On kuitenkin syytä huomata, että myös kokoviljasäilörehuruokinnolla saavutettiin tässä tutkimuksessa hyvät kasvatulokset (nettokasvu keskimäärin 618 g/pv) moniin aikaisempiin ruokintakokeisiin (Huuskonen ja Joki-Tokola 2010, Huuskonen 2011) ja valtakunnallisiin keskiarvolukuihin (Herva ym. 2009, Huuskonen ym. 2013b) verrattuna.

Kokoviljasäilörehuruokintojen keskinäisissä vertailuissa kasvatuloksissa ei ollut eroja (Taulukko 4). Lisääntynyt raakavalkuaisen saanti ja dieetin korkeampi PVT-arvo valkuaistäydennystä saaneilla ruokinnolla suhteessa KV-ruokintaan ei realisoitunut parempina kasvuvasteina huolimatta siitä, että KV-seoksen PVT-arvo oli nykyisiä suomalaisia lihanautojen ruokintasuosituksia alemmalla tasolla. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella maitorotuisten sonnien valkuisen saanti on riittävä, kun rehuannoksen PVT on yli -20 g/kg ka ja dieetin raakavalkuaispitoisuus yli 110 g/kg ka. Tulokset tukevat myös aikaisemmin esitettyjä laskelmia (Titgemeyer ja Löest 2001), joiden mukaan nimenomaan energian saanti on useimmiten kasvua rajoittava tekijä yli puolen vuoden ikäisillä kasvavilla naudoilla.

Heikommista kasvatuloksista johtuen kokoviljasäilörehuryhmien rehuhyötysuhde jäi nurmisäilörehuryhmää heikommaksi (Taulukko 4). Samoin muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö kasvuun oli kokoviljasäilörehuryhmillä nurmisäilörehuryhmää heikompaa. Kokoviljasäilörehuryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja rehun hyväksikäyttöä kuvaavissa muuttujissa.

2.3.5 Teurastulokset

Koesonnien teurasprosentti oli keskimäärin 508 g/kg eikä koeryhmien välillä ollut merkitseviä eroja teurasprosentissa (Taulukko 4). Ruhojen lihakkuuden osalta nurmisäilörehusonnit luokittoivat 9 % paremmin kuin kokoviljaruokinnolla olleet sonnit keskimäärin ($p=0,06$), mutta kokoviljasäilörehuryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja ruhojen lihakkuudessa. Nurmisäilörehua saaneiden sonnien ruhot olivat keskimäärin 19 % rasvaisempia kuin kokoviljasäilörehua saaneiden sonnien ruhot. Kokoviljasäilörehuryhmien välillä ei ollut eroja ruhojen rasvaisuudessa. Teurastilityksissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ruokintaryhmien välillä (Taulukko 4).

Tutkimuksessa havaittu kokoviljasäilörehuryhmien heikompi lihakkuus ja vähäisempi rasvoittuminen voivat osittain selittyä kokoviljasonnien nurmisäilörehusonneja matalammalla teuraspainolla, sillä tutkimuksissa on havaittu teuraspainon olevan positiivisesti korreloitu lihakkuuden (Kempster ym. 1988) ja rasvaisuuden (Keane ja Allen 1998) kanssa. Myös erot dieettien energiapitoisuuksissa voivat selittää eroja ruhojen luokituksissa, sillä ruokinnan energiaväkevyyden noustessa myös ruhon rasvaisuus ja lihakkuus yleensä lisääntyvät (Huuskonen & Lamminen 2010, Herva ym. 2011).

Valkuaistäydennyksellä ei havaittu olevan vaikutusta mihinkään ruhon laatua kuvaavista muuttujista (teuraspaino, teurasprosentti, lihakkuus, rasvaisuus). Myös kirjallisuuden perusteella valkuaistilisen vaikutukset ruhon koostumukseen ovat yleensä olleet hyvin vähäisiä (McKinnon ym. 1993, Huuskonen ym. 2007, Huuskonen ym. 2008, Huuskonen 2009, Huuskonen 2011, Manninen ym. 2011). Bergen ym. (1993) tutkimuksessa runsaimmin valkuaista saaneiden härkien ruhot sisälsivät kuitenkin vähemmän rasvaa ja enemmän punaista lihaa kuin muiden ryhmien. Toisaalta Arosen & Toivosen (1995) kokeessa valkuaistäydennyksen saaneet sonnit olivat puolestaan rasvaisempia kuin ilman lisävalkuaista kasvaneet. Dieetin valkuaispitoisuuden nostaminen korvaamalla ohraa soijalla loppukasvatettavien lihanautojen säilörehupohjaisella ruokinnalla on lisännyt ruhojen rasvaisuutta joissakin kokeissa (Steen ja Robson 1995, Steen 1996).

2.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Sonnien kasvatulokset olivat nurmisäilörehupohjaisella ruokinnalla 6–8 % paremmat kuin kokoviljasäilörehupohjaisilla ruokinnolla. Kasvuerot olivat todennäköisesti seurausta nurmisäilörehusonnien suuremmasta päivittäisestä energian saannista, mikä puolestaan selittyy kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua heikommalla sulavuudella. Myös kokoviljasäilörehuruokinnolla saavutettiin tässä tutkimuksessa hyvät

kasvutulokset (nettokasvu keskimäärin 618 g/pv), mikä osoittaa kokoviljasäilörehun olevan varteenotettava vaihtoehto lihanautatilan rehuviljelyssä.

Valkuaistäydennys ei parantanut sonnien kasvua kokoviljasäilörehupohjaisella ruokinnalla. Lisääntynyt raakavalkuaisen saanti ja dieetin korkeampi PVT-arvo valkuaisäydennystä saaneilla ruokinnalla ei realisoitunut parempina kasvuvasteina huolimatta siitä, että ilman valkuaislisää kokoviljasäilörehuruokinnan PVT-arvo oli nykyisiä suomalaisia lihanautojen ruokintasuosituksia alemmalla tasolla. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella maitorotuisten sonnien valkuaisen saanti on riittävä, kun rehuannoksen PVT on yli -20 g/kg ka ja dieetin raakavalkuaispitoisuus yli 110 g/kg ka. Valkuaistäydennyksen laadulla (tavanomainen vs. ureapitoinen) ei ollut mitään vaikutusta sonnien tuotantotuloksiin.

2.5 Kirjallisuus

- Abdalla, A. L., Sutton, J.D. Phipps, R.H. & Humphries, D.J. 1999. Digestion in the rumen of lactating dairy cows given mixtures of urea-treated whole-crop wheat and grass silage. *Animal Science* 69: 203–212.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA. 1298 s. ISBN 0-935584-42-0.
- Aronen, I. 1990. Barley protein and rapeseed meal as protein supplements for growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica* 40: 297–307.
- Aronen, I. & Toivonen, V. 1995. Säilörehun korjuuasteen ja väkirehutäydennyksen vaikutukset tuotannon tehokkuuteen naudalla. *Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 12/95: 33–45.*
- Aronen, I., Toivonen, V., Ketola, E. & Öfversten J. 1992. Beef production influenced by stage of maturity of grass for silage and level and type of supplementary concentrates. *Agricultural Science in Finland* 1: 1–20.
- Berge, P., Culioli, J., Rennere, M., Touraille, C., Micol, D. & Geay, Y. 1993. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Science* 35: 79–92.
- Brody, S. 1945. *Bioenergetics and growth.* Reinhold Publishing Corp., New York.
- Colburn, N.W., Ewans, J.L. & Ramage, C.H. 1968. Ingestion control in growing ruminant animals by components of cell-wall constituents. *Journal of Dairy Science* 51: 1458–1464.
- EC 2006. Council Regulation (EC) No 1183/2006 of 24 July 2006 concerning the Community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. *The Official Journal of the European Union L*, 214: 1–6.
- Ellen, J. 1993. Growth, yield and composition of four winter cereals. 1. Biomass, grain yield and yield formation. *Netherland Journal of Agricultural Science* 41: 153–165.
- Forbes, J.M. 1971. Physiological changes affecting voluntary food intake in ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society* 30: 135–142.
- Forbes, J. M. 2007. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals. 2. painos.* CABI Publications. Wallingford, U.K. 432 s.
- Herva, T., Huuskonen, A., Virtala, A.-M. & Peltoniemi, O. 2011. On-farm welfare and carcass fat score of bulls at slaughter. *Livestock Science* 138: 159–166.
- Herva, T., Virtala, A.-M., Huuskonen, A., Saatkamp, H.W. & Peltoniemi, O. 2009. On-farm welfare and estimated daily carcass gain of slaughtered bulls. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 59: 104–120.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293–323.
- Huhtanen, P., Näsi, M. & Khalili, H. 1989. By-products from integrated starch-ethanol production from barley in the diets of growing cattle. *Journal of Agricultural Science in Finland* 61: 451–462.
- Huida, L., Väätäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silage as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.
- Huuskonen, A. 2009. The effect of cereal type (barley versus oats) and rapeseed meal supplementation on the performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *Livestock Science* 122: 53–62.

- Huuskonen, A. 2011. Effects of barley grain compared to commercial concentrate or rapeseed meal supplementation on performance of growing dairy bulls offered grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science* 20: 191–205.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2013a. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. *Livestock Science* 158: 74–83.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2007. Effects of three different concentrate proportions and rape-seed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy-breed bulls with TMR feeding. *Livestock Science* 110: 154–165.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2008. Need for protein supplementation in the diet of growing dairy bulls fed total mixed ration based on moderate digestible grass silage and barley. *Agricultural and Food Science* 17: 109–120.
- Huuskonen, A. & Lamminen, P. 2010. Naudan rasvoittumiseen vaikuttavat tekijät. Teoksessa: Kehitystä naudanlihantuotantoon I. Arto Huuskonen (toim.). *MTT Kasvu* 9: 58–74.
- Huuskonen, A., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2013b. A comparison of purebred Holstein-Friesian and Holstein-Friesian × beef breed bulls for beef production and carcass traits. *Agricultural and Food Science* 22: 262–271.
- Ingvarsen, K.L., 1994. Models of voluntary food intake in cattle. *Livestock Production Science* 39: 19–38.
- Joki-Tokola, E. 1996. Kokoviljasta säilörehua. *Leipä leveämmäksi* 44, 1/1996: 12–13.
- Joki-Tokola, E. 2002. Kokoviljasäilörehu nautakarjatiljan karkearehuruokinnan vaihtoehtona. Teoksessa: Rehevaihtoehtoja nautakarjatiloilille / toim. Eeva Saarisalo ja Mari Topi-Hulmi. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu 18: 5–11.
- Joki-Tokola, E. 2003. Kokoviljasäilörehu ruokinnassa: lihanautojen ruokinta. Teoksessa: Kokoviljasäilöhun tuotanto ja käyttö / Kyllikki Lampinen, Taina Harmoinen, Hanne Teräväinen (toim.). Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja, Tieto tuottamaan 993, 102: 38–43.
- Joki-Tokola, E., Huttu, S., Huuskonen, A. & Kiljala, J. 2002a. Kokoviljasäilöhun korjuutekniikkatutkimus Ruukissa. Teoksessa: Rehevaihtoehtoja nautakarjatiloilille / toim. Eeva Saarisalo ja Mari Topi-Hulmi. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu 18: 81–85.
- Joki-Tokola, E., Huuskonen, A., Huttu, S. & Kiljala, J. 2002b. Rehuvirna lihanautojen kokoviljasäilörehu-ruokinnassa. Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2002: Kotieläintiede. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 977: 196–199.
- Joki-Tokola, E., Huuskonen, A., Kiljala, J. & Huttu, S. 2002c. Ruokonatasäilörehu ja ruokohelven olki lihanautojen ruokinnassa. Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2002: Kotieläintiede. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 977: 192–195.
- Keady, T.W.J. 2005. Ensiled maize and whole crop wheat forages for beef and dairy cattle: effects on animal performance. Teoksessa: Park, R.S., Stronge, M.D. (Toim.), Proceedings of the XIV International Silage Conference, July 2005. Wageningen Academic Publishers, Belfast, N. Ireland, s. 65–82.
- Keady, T.W., Lively, F.O., Kilpatrick, D.J. & Moss, B.W. 2007. Effects of replacing grass silage with either maize or whole-crop wheat silages on the performance and meat quality of beef cattle offered two levels of concentrates. *Animal* 1: 613–623.
- Keane, M.G. & Allen, P. 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science* 56: 203–214.
- Kempster A.J., Cook G.L. & Southgate J.R. 1988. Evaluation of British Friesian, Canadian Holstein and beef breed × British Friesian steers slaughtered over a commercial range of fatness from 16-month and 24-month beef production systems. 2. Carcass characteristics, and rate and efficiency of lean gain. *Animal Production* 46: 365–378.
- McKinnon, J.J., Cohen, R.D.H., Jones, S.D.M., Laarveld, B. & Christensen, D.A. 1993. The effects of dietary energy and crude protein concentration on growth and serum insulin-like growth factor-I levels of cattle that differ in mature body size. *Canadian Journal of Animal Science* 73: 303–313.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1989. A titration method for silage assessment. *Animal Feed Science and Technology* 22: 341–353.
- MTT 2014. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. MTT, Jokioinen. [Viitattu 4.8.2014]. Saatavilla internetistä: <<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>>

- O'Kiely, P. & Moloney, A.P. 1999. Whole crop wheat silage for finishing beef heifers. *Irish Journal of Agriculture and Food Research* 38: 296 (Abstract).
- O'Kiely, P. & Moloney, A.P. 2002. Nutritive value of whole crop wheat and grass silage for beef cattle when offered alone or in mixtures. *Proceedings of the Agricultural Research Forum*. s. 42.
- Pesonen, M., Honkavaara, M., Kämäräinen, H., Tolonen, T., Jaakkola, M., Virtanen, V., Huuskonen, A. 2013. Effects of concentrate level and rapeseed meal supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and valuable cuts of Hereford and Charolais bulls offered grass silage-barley-based rations. *Agricultural and Food Science* 22: 151–167.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38–45.
- Sinclair, L. A., Wilkinson, R.G. & Ferguson, D.M.R. 2003. Effects of crop maturity and cutting height on the nutritive value of fermented whole crop wheat and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science* 81: 257–269.
- Steen, R.W.J. 1996. Effects of protein supplementation of grass silage on the performance and carcass quality of beef cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 127: 403–412.
- Steen, R.W.J. & Robson, A.E. 1995. Effects of forage to concentrate ratio in the diet and protein intake on the performance and carcass composition of beef heifers. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 125: 125–135.
- Titgemeyer, E.C. & Löest, C.A. 2001. Amino acid nutrition: demand and supply in forage-fed ruminants. *Journal of Animal Science* 79 (E Supplement): E180–E189.
- Van Keulen, J. & Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44: 282–287.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.
- Walsh, K., O'Kiely, P., Moloney, A.P. & Boland, T.M. 2008. Intake, performance and carcass characteristics of beef cattle offered diets based on whole-crop wheat or forage maize relative to grass silage or ad libitum concentrates. *Livestock Science* 116: 223–236.

3 Kalkitseamalla laadukasta nurmirehua nautakarjalle

Raija Suomela ja Sirkka Luoma

MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

MTT Ruukin tutkimusasemalla tutkittiin vuosien 2009–2011 ja 2012–2014 ajan nurmen kalkitsemista runsasmultaisella hienohietamaalla. Lisäksi päämääränä oli testata kalkituksen ja lannoitustavan (väkilannoite/karjanlanta toiselle sadolle) ja typen lannoitustason (suositusten mukainen/matala) yhdysvaikutuksia. Kokeessa seurattiin muutoksia maan perusviljavuudessa ja muutamissa maan hivenravinnepitoisuuksissa sekä kokoviljan ja nurmen sadontuottokykyä, ruokinnallista laatua, rehun kivennäispitoisuuksia sekä nurmen ravinnetaloutta.

Alun perin osa-osaruutukokeena perustettu koe jaettiin myöhemmin laajan tulosaineiston ja karjanlantaruutujen erilaisen lannoituksen takia ”väkilannoite” ja ”karjanlanta” kokeiksi. Raportoitavat tulokset testattiin siis kahtena osaruutukokeena, jossa uuden mallin mukaan molemmissa pääruutuna olivat ”kalkitus” ja ”ei kalkitusta” ja osaruutuina typen lannoitustasot ”suositus” (ympäristötuen sallima maksimimäärä) ja ”alennettu taso”.

Kalkitus lisäsi koejakson 2009–2014 aikana hieman vuosittaista nurmen kuiva-ainesatoa väkilannoitettulla nurmella. Karjanlantakokeen satotuloksissa ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Kalkituksen selkeät edut nurmituotannossa tulevat kuitenkin todennäköisimmin nurmirehun koostumuksen kautta. Kalkitus lisäsi nurmen sulavuutta, energia-arvoa, valkuaispitoisuutta ja vähensi kuitupitoisuutta. Magnesiumpitoisella kalkilla oli erittäin merkittävä vaikutus nurmen kivennäiskoostumukseen. Kalkitus lisäsi yleensä aina kalsiumin, magnesiumin ja fosforin pitoisuutta rehussa ja laski rehun ekvivalenttiarvoa. Kalkitus laski nurmirehun sinkki- ja mangaanipitoisuuksia. Kalkitus lisäsi nurmen ravinteiden hyödyntämistä. Kalkittu nurmi satoi kasvuunsa enemmän typpeä, fosforia, kalsiumia ja magnesiumia kuin ei-kalkittu nurmi. Nurmirehun paremman laadun taloudellista merkitystä nautakarjatilalla on vaikea laskea monien muuttujien vuoksi, mutta hyvälaatuisen säilörehun sekä lisääntyneen ravinteiden hyödyntämisen tuoma kate voi olla tuhansia euroja vuositasolla keskikokoisella nautakarjatilalla.

Nurmen ravinnetaseet olivat kokeessa niin negatiiviset ja rehun sisältämien typen, fosforin ja kivennäisten pitoisuudet niin lähellä matalaksi luokiteltavia arvoja, ettei lannoitustasoja voi suositella laskettavan kalkitullakaan nurmella. Suositusten mukaisella typpilannoitustasolla (200 tai 230 kg N vuodessa) nurmen vuosittaiset hehtaarikohtaiset ravinnesadot olivat keskimäärin 250 kg N, 33 kg P ja 263 kg K. Vuosittaiset ravinnetaseet olivat vastaavasti -45 kg N, -17 kg P ja -101 kg K hehtaarilta.

Karjanlantakokeesta ei tässä koesarjassa saatu vielä niin luotettavia tuloksia, että niistä voisi vetää luotettavia johtopäätöksiä. Alennetulla typpilannoitustasolla sekä sato- että rehun laatutulokset olivat hyvin yhtenevät väkilannoitekokeen kanssa. Kun typpilannoitus oli suositusten mukainen, kärsi karjanlantakoe perustamisvuonna 2012 erittäin suuresti suojoviljan lakoamisesta ja koekäsittelyistä riippumattomasta maan tiivistymisestä, mitkä seikat vaikuttivat nurmen tiheyteen ratkaisevasti ja laskivat koejäsenen satotuloksia ja mahdollisesti ravinteiden hyödyntämistä. Karjanlantakokeesta tarvitaankin pidemmän ajan seurantaa luotettavien johtopäätösten tekemiseksi.

Avainsanat:

nurmet, kalkitus, karjanlanta, väkilannoitus, sato, rehun laatu, sulavuus, valkuainen, kivennäiset

3.1 Johdanto

Kalkituksella on useissa tutkimuksissa todettu olevan myönteinen vaikutus maaperään ja pellosto saata-vaan satoon (Jaakkola ym. 1985, Kemppainen ym. 1993, Nykänen 1998, Saarela ym. 2000). Kalkituksen kannattavuuden pitäisi siis jälleen olla kasvamassa rehusadon arvon ja lannoitteiden hintojen nousun myötä. Maan kasvukunnon seuranta ja maan parannusaineiden käyttöä ovat jo pitkään alentaneet alhaiset tuottajahinnat kasvaneiden tuotantokustannusten rinnalla. Maanparannuskalkin myyntimäärät ovat vuo-den 2012 tilaston mukaan vähentyneet noin puoleen esimerkiksi 1990-luvun alun tilanteeseen verrattuna (Tike 2012). Suomessa suurin osa nurmilohkoistakin kaipaa peruskalkitusta.

Perusparannusten avulla on yleensä voitu lisätä tuotannon kannattavuutta, sillä perusparannuksilla on ollut muiden tuotantopanosten tarvetta vähentävä vaikutus (Myyrä ym. 2002). Myyrän (2004) mukaan maalajeil-taan ja multavuudeltaan keskimääräisten peltojen kalkituksen kannattavuus on heikentynyt vain hieman. Esimerkiksi runsasmultaista hietasavipeltoa kannattaa hänen mukaansa kalkita jo, kun pH on alle 6,1.

Happamuus on yksi tärkeimmistä maaperätekijöistä, johon kalkituksella pystytään voimakkaasti vaikut-tamaan ja joka säätelee kasvien pää- ja hivenravinteiden saatavuutta ja haitallisten aineiden esiintymistä maassa (Mäkelä-Kurtto ym. 2002). Kalkituksen aiheuttaman maan happamuuden vähentymisen on todet-tu lisäävän lannoitteiden kalleimman ravinteen fosforin liukoisuutta ainakin savimailla (Saarela ym. 2000) ja muilla kivennäismailla (Kemppainen ym. 1993). Kalkituksen myötävaikutuksesta fosforilannoi-tus tehostuu. Nurmet ovat kuitenkin erityisen tehokkaita fosforin kuluttajia, ja maan fosforipitoisuuden kehitystä on hyvä tuottoisilla nurmilla syytä seurata (Suomela ym. 2013). Multamaalla fosforia saattaa jopa pidettyä kalkituksen vaikutuksesta (Saarela ym. 2000, Kemppainen ym. 1993, Suomela ym. 2010), mikä voi vähentää fosforin pintavaluntaa vesistöön. Kalkitus on aiemmissa tutkimuksissa lisännyt myös eri kasvilajien tyyden hyödyntämistä (Jaakkola ym. 1985, Kemppainen ym. 1993, Suomela ym. 2010).

Kalkitustutkimusten tulokset ovat perustuneet tähän asti pääasiassa viljakokeisiin, joita onkin ollut suhteelli-sen runsaasti eri puolilla Suomea. Valtaosa laajoista kalkitustutkimuksista on tehty Etelä-Suomen savimail-la. Nurmen kalkituskokeita on perustettu yksittäin, ja esimerkiksi pitkäaikaisissa kalkitustutkimuksissa nur-mea on voinut olla mukana, mutta kaikissa kokeissa aina korkeintaan yhden nurmikierron ajan.

Nurmen kalkitustutkimustulokset eivät siis ole vastanneet käytännön nurmentuotannossa vallitsevia olo-suhteita, sillä nurmituotantoalueilla nurmea viljellään monokulttuurina (nurmea nurmen perään), ja vilje-lyssä on keskeisellä sijalla karjanlanta. Lisäksi maaperä nurmialueilla on usein eloperäistä, ja nurmen kasvutapa ja kyky sitoa ravinteita ja käyttää ravinteita sadonmuodostukseen eroaa viljoista merkittävästi. Nurmen kalkituksesta on tärkeää saada käytäntöä vastaavia tutkimustuloksia, sillä nurmen sadolla ja sen laadulla on erittäin suuri kansantaloudellinen merkitys suurten nurmiviljelyalojen ja laajamittaisen nauta-karjatalouden vuoksi.

Oman ongelmansa nurmen kalkituksen kannattavuuden tutkimiseen on aiheuttanut nurmen tuotannon nopea kehittyminen viime vuosikymmenten aikana. Vanhojen tutkimusten suora vertailu nykytutkimuk-siin ei onnistu, sillä nurmen korjuukäytännöt, nurmikasvilajikkeet, lannoittaminen, lannoitustasot, sato-määrät jne. eroavat erittäin paljon toisistaan. Joitain lainalaisuuksia on silti löydettävissä mm. kalkituksen vaikutuksesta maan viljavuuteen, sadon kivennäiskoostumukseen tai lannoitteiden sisältämien ravinteiden hyödyntämiseen.

Salonen ja Honkavaara (1970) raportoivat kalkituksen ja erilaisen lannoittamisen vaikutuksista eri kasvi-lajien satoon viljavuudeltaan huonolla kivennäismaalla Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla. Kokeen hoito erosi nykyisistä suosituksista huomattavasti: Kokeen nurmivuosina ei kuivaheinäasteella korjattua nurmea lannoitettu lainkaan. Fosforilannoitus oli koesarjassa satotasoihin nähden suurta, keskimäärin vuosittain noin 26 kg/ha, mutta typpilannoitus oli keskimäärin vain 20 kg/ha/vuosi ja se annettiin pää-sääntöisesti kalkkisalpietarina. Kalkitus kuitenkin nosti kokeessa yleensä selkeästi heinäasteella korjatun nurmen rehuyksikkösatoa, erityisesti jos typpilannoite oli (koesarjassa ennen nurmivuosia) ollut ammoni-umsulfaattia. Kokeessa kalkitseminen lisäsi keskimäärin aiemmin koejaksolla karjanlannalla lannoitetun koalueen nurmen rehuyksikkösatoa kalkitsemattomaan verrattuna. Erityisesti kalkitus lisäsi puna-apilan satoa. Kalkitus siis keskimäärin tehosti kalkitulle koalueelle aiemmin levitetyn lannan ravinteiden hyö-dyntämistä tilanteessa, jossa maan viljavuus oli yleisesti huono. Koesarjan päättyessä kalkitun maan pH_(H2O) oli keskimäärin vain 5,5, ja sen todettiin vaativan täydennyskalkituksen.

Saarela ym. (1981) päätyivät suosittelemaan nurmenviljelyssä pintakalkituksen sijaan maan kalkitsemista nurmen perustamisvaiheessa. Pintakalkitus ei heidän mukaansa ollut suositeltava menetelmä voimakkaasti typpilannoitettavilla säilörehunurmilla, sillä vaalea maa lämpenee hitaasti keväällä, lannoitetyypeä voi haihtua emäksisestä maanpinnasta ammoniakkinä ja lannoitefosfori voi sitoutua maassa kalsiumfosfaateiksi.

Jaakkola ym. (1985) tutkivat magnesiumpitoista Siilinjärven kalkkia vuosina 1978–1982 koesarjassa, johon sisältyi kaksivuotinen apila-timoteinurmi. Magnesiumpitoinen kalkki nosti koejaksolla maan pH:ta, kalsium- ja magnesiumpitoisuutta ja nurmivuosina nurmen kuiva-ainesatoa kokeen alemmalla lannoitustasolla kohonneen apilapitoisuuden myötä. Kalkitus nosti myös rehun kalsium- ja magnesiumpitoisuuksia sekä heinän typpipitoisuutta alemmalla lannoitustasolla. Korkeammalla lannoitustasolla ei vastaavaa kalsiumin tai typen pitoisuuksien nousua ollut havaittavissa. Kalkitustasolla 10 tn/ha maan pH nousi Pohjois-Pohjanmaan kokeessa arvosta 5,3 arvoon 5,9.

Kemppainen ym. (1993) raportoivat laajan kokonaisuuden kalkituskokeita MTT:n tutkimusasemilta ajanjaksolta 1982–1991. Kalkkimääräkokeissa 1984–1991 viljeltiin timotei-puna-apila nurmea. Savimaalta saatiin luotettavimmat nurmitulokset useiden koevuosien ja koepaikkojen myötä. Tulosten mukaan kalkitus nosti vuosittain nurmen kuiva-ainesatoa 250 kg/ha 0,1 pH-yksikköä kohti (eli 2500 kg ka/ha yhtä pH-yksikköä kohti) pH arvoon 5,8 asti. Tämä oli suurelta osin puna-apilan menestymisen syytä. Muilla kivennäismailla kuin savimailla oli kokeita vähän, ja tulosten mainittiin olevan epäluotettavia pienen aineiston vuoksi, mutta kaikissa kokeissa kalkituksella oli myönteinen satovaikutus. Eloperäisillä mailla satolissä kalkituksen eduksi oli pienin, 250 kg ka/ha vuodessa. Nurmen laatuominaisuuksista raportoitiin vain kivennäispitoisuudet (Ca, Mg, P, K) sekä raakavalkuainen, jotka yleensä nousivat kalkituksen myötä. Kaliumpitoisuus keskimäärin pieneni kalkituksen myötä kivennäismailla. Kalkitus vähensi koesarjan tulosten mukaan fosforin liukoisuutta eloperäisillä mailla, mutta kivennäismaalla liukoisuus lisääntyi ainakin kalkitustarvekokeissa. Kalkitusmäärästä 4, 8 tai 12 tn/ha osoittautui 8 tn hehtaarille nurmikasvustolle tuottoisimmaksi.

Nurmen kalkituskokeet MTT Ruukin tutkimusasemalla 2005–2008 (Suomela ym. 2009 julkaisematon, Suomela ja Joki-Tokola 2010) suoritettiin kivennäismaalla (m KHT) ja eloperäisellä maalla (Mm). Tutkimuksessa verrattiin eri kalkitusaineita ja kalkkimääriä toisiinsa. Kalkitus paransi rehun laatua, mutta nurmen kuiva-ainesatoihin kalkituksella ei ollut vaikutusta. Kokeista saatiin erittäin suuret (keskimäärin 9 700–10 100 kg ka/ha) vuosittaiset kuiva-ainesadot kaikilla käsittelyillä molemmilla maalajeilla. Kalkitus nosti rehun kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksia, laskee rehun ekvivalenttiarvoa (kalkitusaineesta riippuen) ja lisäsi rehun valkuaispitoisuutta. Suurimmalla kalkitustasolla (10 tn kalkkia/ha) nurmen D-arvot olivat keskimäärin aina hieman (3–5 g/kg ka) suuremmat kuin ei-kalkitulla nurmella. Eloperäisellä maalla fosforia ilmeisesti pidättyi maahan kalkituksen myötä, sillä fosforipitoisuudet laskivat sadossa ja maaperässä yhtä aikaa. Tämä nähtiin karjatalouden mahdollisen fosforin pintavaluntaongelman kannalta jopa toivottavana piirteenä. Johtopäätöksenä kokeista mainittiin nurmilohkojen kalkitsemisen olevan tärkeää, jotta peltojen yleinen viljavuus säilyy ja vaatelioidenkin kasvien viljelykiertoon ottaminen on mahdollista.

Tässä kokeessa tarkasteltiin magnesiumpitoisen kalkin, lannoitteen ja typpilannoitustasojen vaikutusta maaperän viljavuustuloksiin, nurmi- ja kokoviljasatojen määrään sekä nurmisadon ruokinnalliseen arvoon ja satojen kivennäispitoisuuksiin. Kokeessa tarkasteltiin myös nurmen ravinnetaseita pääravinteiden osalta. Koesarja on poikkeuksellinen ja arvokas, sillä kokeessa yhdistyvät jo nyt karjatalouden nurmipainotteinen viljelykierto ja mukana on naudon lietelantakäsittely. Koesarjaa tulisi jatkaa, jotta kalkituksen pitkäaikaisvaikutuksesta nurmikierrossa saadaan aiempaa luotettavampaa tietoa. Huolimatta kuuden koevuoden sarjasta, koealueen maaperä on vasta tasaantumassa, ja tulosten luotettavuus parantunee vuosi vuodelta. Selkeimmät tulokset nurmen kalkituksen eduista saatiin nyt raportoitavassa koejaksossa 2009–2014 rehun laadun paranemisen (D-arvo, valkuaispitoisuus, pääkivennäiset) ja ravinnetalouden tehostumisen (typpi, fosfori, kalsium, magnesium) kautta.

3.2 Aineisto ja menetelmät

MTT Ruukin tutkimusasemalla (N 64° 41,2', E 25° 5,3') testattiin vuosien 2009–2011 ja 2012–2014 ajan nurmen kalkitsemista runsasmultaisella hienohietamaalla. Lisäksi päämääränä oli testata kalkituksen ja lannoitustavan (väkilannoite/karjanlanta toiselle sadolle) ja typen lannoitustason (suositusten mukainen/matala) yhdysvaikutuksia. Kokeessa seurattiin muutoksia maan perusviljavuudessa ja muutamissa

maan hivenravinnepitoisuuksissa sekä kokoviljan ja nurmen sadontuottokykyä, ruokinnallista laatua, rehun kivennäispitoisuuksia sekä nurmen ravinnetaloutta.

Alun perin osa-osaruutukokeena (Liite 1) perustettu koe jaettiin myöhemmin laajan tulosaineiston ja karjanlantaruuhtujen erilaisen lannoituksen takia ”väkilannoite” ja ”karjanlanta” kokeiksi. Raportoitavat tulokset testattiin siis kahtena osaruutukokeena, jossa uuden mallin mukaan molemmissa pääruutuna olivat ”kalkitus” ja ”ei kalkitusta” ja osaruutuina typen lannoitustasot ”suositus” (ympäristötuen sallima maksimumimäärä) ja ”alennettu taso”.

Kokeessa käytettävä kalkki oli Nordkalkin Vimpelin tehtaan magnesiumipitoinen kalkki, jonka kauppanimi on ”Hieno Puutarhakalkki” (Taulukko 1). Kalkki levitettiin kynnettyyn ja kertaalleen äestettyyn maahan käsin. Kalkin käyttömäärä vuonna 2009 oli 6 t/ha. Koealueen viljavuustulosten (Taulukko 2) mukainen suositus oli tuolloin 5 tn/ha. Vuonna 2012 koe perustettiin uudelleen ja täydennyskalkittiin samalla magnesiumipitoisella kalkilla 4 tn/ha (Kuva 1). Uudelleen kalkitsemiseen päädyttiin, sillä koealueella oli paljastunut olevan pH-eroja eikä ensimmäinen kalkitus osalla koealueesta ollut riittävästi nostanut maan pH:ta.

Taulukko 1. Kokeessa vuosina 2009 ja 2012 käytetyn kalkin neutraloimiskyky kalsiumpitoisuudeksi (%) laskettuna, sekä kalkin kalsium- ja magnesiumipitoisuudet (%).

	Nopea neutralointikyky %	Kokonais- neutralointikyky %	Ca %	Mg %
Hieno puutarhakalkki (Nordkalk, Vimpeli)	20	30	20	5

Taulukko 2. Kokeen perustamisen yhteydessä kerranteittain otettujen maa-analyysitulosten keskiarvot keväällä 2009.

Maanäytteet	JL	pH	Ca	P mg /l	K	Mg	Ca/Mg
Muokkauskerros	0,7	5,9	1305	13,7	71	51	25
Jankko	0,6	5,7	1170	13,5	64	37	32

Vuonna 2009 nurmikoe perustettiin suojaviljaan (Rolfi-ohra). Kylvetyt nurmikasvilajit olivat timotei (Iki) 15 kg/ha ja nurminata (Kasper) 10 kg/ha. Koetta uudelleen perustettaessa suojaviljana kylvettiin Tirilohraa 150 kg/ha ja nurmikasveina Nuutti-timoteita (14 kg/ha) sekä Inkeri-nurminataa (6 kg/ha). Ruutukoko kokeessa oli 24 m². Sadon määrä ja laatu määritettiin nettoruuduilta bruttoruudun keskeltä (12 m²). Nurmensiementen kylvössä tapahtunut vantaan tukkeutuminen johti ensimmäisten 20 ruudun osalta yhden kylvörivin puuttumiseen, mutta tämä korjattiin satotulosten laskennassa pinta-ala -luokkamuuttujalla. Koe täydennyskylvettiin keväällä 2013 Nuutti-timoteilla 10 kg/ha. Täydennyskylvö ei kuitenkaan lisännyt nurmen tiheyttä kasvukaudella 2013 tai 2014.



Kuva 1. Koe perustettiin uudelleen vuonna 2012. Kalkki levitettiin käsin ja äestettiin kevyesti levityksen jälkeen. Kuva: Raija Suomela.

Liete (30 tn/ha) lisättiin karjanlanta-koejäsenen suojaviljalle keväällä ennen kylvöä ja nurmelle aina ensimmäisen niitokerran jälkeen. Levitys tehtiin pintaan 6 m letkulevittimellä. Lannoitustasot suunniteltiin arviolla, jonka mukaan 30 tonnissa naudanlietettä tulee noin 50–60 kg typpeä ja 15–17 kg fosforia hehtaarille. Lietteen sisältämien fosfori- ja kalium-ravinteiden määrät pyrittiin tasoittamaan väkilannoite -koejäsenille lanta-analyysitulosten perusteella vuosittain niin, että kyseisten ravinteiden määrät ovat mahdollisimman samantasoiset kaikilla koejäsenillä (Taulukot 3 ja 4). Väkilannoitekokeen vuosien 2009–2014 ja karjanlantakokeen vuosien 2012–2014 tarkat pääravinteiden lannoitustiedot on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 3. Suunnitelma kokeen tyypilannoitustasoista kg N/ha koejaksolla 2009-2011. VL = väkilannoite, KL = naudan lietelanta 30 tn/ha.

Lannoitustapa	Korjuu	Väkilannoitettu nurmi		Karjanlanta toiselle sadolle	
		VL N Suositus	VL N Alennettu	VL+KL N Suositus	VL+KL N Alennettu
2009-2011					
Suojavilja (2009)	Kokovilja	60	40	50*	50*
Nurmi (2010-2011)	1. Niitto	100	75	100	50
	2. Niitto	80	50	50*	50*
Nurmivuosi Yht.	2 niittoa	180	125	150*	100*

*Lietelannan 30 tn/ha arvioitu liukoisen typen määrä

Taulukko 4. Suunnitelma kokeen tyypilannoitustasoista kg N ha koejaksolla 2012-2014. VL = väkilannoite, KL = naudan lietelanta 30 tn ha.

Lannoitustapa	Korjuu	Väkilannoitettu nurmi		Karjanlanta toiselle sadolle	
		VL N Suositus	VL N Alennettu	VL+KL N Suositus	VL+KL N Alennettu
2012-2014					
Suojavilja -12	kokovilja	60	40	50*	50*
Nurmi (2013-2014)	1. niitto	100	70	100	70
	2. niitto	100	50	50+50*	50*
	3. niitto	30	30	30	30
Nurmivuosi yht	1+2+3 niitto	230	150	230	150

*Lietelannan 30 tn/ha arvioitu liukoisen typen määrä.

Vuosina 2009–2011 kokeesta määritettiin kokoviljan ja nurmen sato (kg/ha ja kg ka/ha), valkuaispitoisuus ja sadon suppea kivennäiskoostumus [kalsium (Ca), magnesium (Mg), fosfori (P), kalium (K), ja natrium (Na)]. Vuosina 2012–2014 rehun analysointia laajennettiin. Rehusta määritettiin laaja kivennäis-analyysi eli suppean analyysin lisäksi kupari (Cu), mangaani (Mn), sinkki (Zn) ja rauta (Fe). Lisäksi uudella koejaksolla nurmirehusta määritettiin ruokinnallinen arvo (raakavaluainen, ME-arvo, D-arvo, soke-ri, NDF, iNDF, OIV, PVT).

Koealueelta otettiin perustamisen yhteydessä maanäytteet keväällä 2009 kerranteittain (yhteensä 4). Koevuosina otettiin ruuduittaiset maanäytteet syksyisin perustutkimusta (maalaji, multavuus, pH, johtoluku, kalsium-, magnesium-, kalium-, fosfori- ja rikki-pitoisuudet sekä maan kalsium-magnesium -suhde) varten. Vuosina 2010, 2012 ja 2014 maasta määritettiin myös hehkutushäviö. Syksyllä 2012 otettiin muok-kauskerroksen näytteiden lisäksi ruuduittain pohjamaanäytteet, joista määritettiin perusviljavuuden lisäksi myös ravinnereservit (fosfori, kalium, kalsium ja magnesium).

Kasvustosta havainnoitiin vuosittain mm. kasvuston tiheys keväällä ja syksyllä, viljan lakoisuus ja tuleen-tumisaste sekä kasvuston kehittyminen (niittoajankohdat).

3.3 Säätulokset

Koevuodet olivat vuotta 2012 lukuun ottamatta pitkän ajan keskiarvoa lämpimämpiä (Taulukko 5). Vuonna 2010 nurmikasvusto saattoi kärsiä kuivuudesta korkean lämpötilan ja pienen sadannan vuoksi, mutta vuosina 2011, 2013 ja 2014 kuivuus ei ollut kohtuuttoman äärevää. Vuosi 2012 oli poikkeuksellisen kylmä ja sateinen, mikä teki kokeen uudelleen perustamisesta hyvin haastavan. Suojavilja lakoontuikin elokuun 2012 rankkasateessa. Erittäin sateinen syksy 2011, lähes roudaton talvi 2011–2012 ja vuoden 2012 jatkuvat sateet johtivat myös maan tiivistymiseen koalueella. Erityisen tiivistä maa oli kokeen viimeisellä kerranteella, kalkitulla nurmella. Tiivistyminen tuli huomioitua kohtuullisen hyvin kokeen tilastollisen testauksen virhetermissä (kerranne×pääruutu). Vuonna 2013 satotestauksessa karjanlantajäsenillä käytettiin luokkamuuttujaa ”tiivis” erottamaan kaikkein pahimmin tiivistyneet ruudut muista koeruuduista.

Hellejaksot tekivät sopivan korjuuajankohdan löytämisen tavanomaista vaikeammaksi eri typpilannoitustasoilla lannoitetulla nurmikasvustolla. Korkeammalla typpilannoitustasolla lannoitettu nurmi oli kehityksessä yleensä edellä matalamman typpilannoitustason nurmea.

Taulukko 5. Koevuosien 2010–2012 ja vertailukauden 1981–2010 keskilämpötilat ja sadesummat.

Kuukausi	Keskilämpötilat, °C						Sadesummat, mm					
	2010	2011	2012	2013	2014	1981-2010	2010	2011	2012	2013	2014	1981-2010
Tammikuu	-14,6	-8,8	-9	-7,5	-10,1	-9,3	10	43	24	29	12	38
Helmikuu	-12,3	-15,8	-11,3	-5,4	-1,1	-9	36	12	35	16	37	28
Maaliskuu	-6,6	-3,4	-2,3	-9,6	-0,1	-4,5	62	36	19	9	31	29
Huhtikuu	2,6	3,6	0,7	1,2	2,8	1,7	23	11	46	30	11	22
Toukokuu	10,9	8,6	7,9	11,6	8,5	7,9	24	29	65	31	45	42
Kesäkuu	12,1	15,7	11,8	16,2	11,8	13,1	35	53	76	88	31	50
Heinäkuu	18,6	18	16	15,4	19,0	15,9	59	64	74	84	115	77
Elokuu	13,6	14,3	13,5	14,8	15,4	13,5	72	86	83	48	44	71
Syyskuu	8,9	10,9	9	10,6	9,9	8,4	65	81	52	31	18	50
Lokakuu	3,8	5,2	2,9	3,6		3,1	37	59	84	61		52
Marraskuu	-5,7	2	0,2	0		-2,7	25	30	33	71		44
Joulukuu	-13,9	-0,3	-6,2	-1,6		-7	14	71	29	85		37
Huhtikuu-lokakuu	10,1	10,9	8,8	10,5	11,2	9,1	315	383	480	373	265	349
Koko vuosi	1,4	4,2	2,1	4,1	6,2	2,6	462	575	616	583	345	540

3.4 Kalkitus nosti maan viljavuusluokkaa

Magnesiumpitoisella kalkilla oli myönteinen vaikutus maan viljavuusarvoihin. Tilastollisesti merkitseviä tuloksia saatiin jo ensimmäisellä koejaksolla 2009–2011, mutta erityisesti toisella koejaksolla 2012–2014.

Keväällä 2009 perustamisen yhteydessä kerranteittain otettujen maanäytteiden tarkastelu paljasti koalueen sisältävän yllättävää vaihtelua happamuuden ja viljavuuskaliumin pitoisuuksien suhteen. Osa koalueesta oli pH:ltaan hyvässä viljavuusluokassa, kun taas osa alueesta oli ennakoitua happamampaa. Happamin maaperä koalueella ei kalkittunakaan noussut pH:ltaan riittävän hyvälle tasolle koejaksolla 2009–2011.

Myös vuonna 2012 määritetyissä pohjamaan (25–50 cm) varastoravinnepitoisuuksissa (kalsium, magnesium, fosfori ja kalium) oli eroja koalueen sisällä, mutta väkilannoitekokeessa maaperäerot olivat tasaiset eri koejäsenillä. Karjanlantakokeessa maaperäerot jakaantuivat koejäsenille epätasaisemmin, ja pohjamaan varastoravinteista kaliumpitoisuuksia käytettiin kovariaattina kaikille karjanlantakokeen tuloksil-

le, joita alettiin testata vuodesta 2012 alkaen. Toisin kuin muilla varastoravinteilla, pohjamaan reservikaliumpitoisuudet vaihtelivat 650–1000 mg/l. Kyseinen kovariaatti kuvasi hyvin myös muita pohjamaan varastoravinteiden pitoisuuksia, sillä eri ravinteiden pitoisuudet vaihtelivat hyvin samalla tavoin koealueella ilman että koekäsittelyillä olisi ollut siihen vaikutusta (Liite 3). Varastoravinnepitoisuudet olivat viljavuusluokaltaan välttäviä fosforinpitoisuutta lukuun ottamatta, jonka luokka oli tyydyttävä-hyvä.

3.4.1 Väkilannoitettu nurmi

Keväällä 2009 tehty kalkitus 6000 kg/ha nosti maan pH:ta ja magnesiumpitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi koejaksoilla 2009–2011 (Taulukko 6). Maan pH-arvo ei kuitenkaan noussut riittävästi kaikilla kalkituilla ruuduilla. Kokeeseen suunniteltu kalkitusmäärä lienee ollut liian pieni kokeen happamimmalle osalle, jossa pH oli vain 5,6 ja kalsium- ja magnesiumpitoisuudet huonot. Koealueen maaperän puskuri-kyky saattoi myös olla tavanomaista korkeampi, sillä lohkon pohjamaa oli erittäin hapan (hapan sulfaattimaa).

Kalkituksen ennakoitiin vaikuttavan myös maan johtolukuun, kalsium- ja fosforipitoisuuksiin sekä maan kalsium-magnesium -suhteeseen. Keskimäärin kalkitus vaikutti odotusten mukaisesti, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 6, Kuvat 2–5). Kalkituksen myötä maahan kertyi 1200 kg/ha kalsiumia ja 300 kg/ha magnesiumia, jolloin maan kalsiumpitoisuuden laskennallinen lisäys muokkauskerroksessa (0–25 cm) oli 480 mg/l ja magnesiumpitoisuuden 120 mg/l. Kalkituilla koeruuduilla maan kalsiumpitoisuuksien arvioitiin olleen lähtötilanteessa ei-kalkittuja ruutuja keskimäärin hieman korkeammat, mutta tarkkoja eroja koejäsenten kesken ei saatu, koska perustamisen maanäytteet oli otettu keranteittain.

Taulukko 6. Kalkituksen vaikutus ensimmäisen koejakson 2009-2011 maan viljavuuteen väkilannoitetulla nurmella. SAS mixed –proseduuri.

VL 2009–2011	Lannoitustaso	Jl	pH*	Ca	P	K	Mg	S	Ca/Mg	
				mg/l						
Kalkitus	Alennettu	1,29	6,2	2094	14,7	55	68	23	33	
Ei kalkitusta	Alennettu	1,10	5,6	1190	13,1	54	44	24	28	
		0,19	0,6	904	1,6	1,3	24	-1	5	
Kalkitus	Suositus	1,14	6,1	1902	14,2	42	65	21	31	
Ei kalkitusta	Suositus	1,03	5,6	1230	12,9	42	42	23	30	
		0,11	0,5	672	1,4	0	23	-2	0	
SEM		0,06	0,23	255	0,83	2,53	3,43	1,12	6,01	
Kalkitus		0,1017	0,0034	0,1125	0,2654	0,9109	0,0139	0,3587	0,7715	
Lannoitustaso		0,0057	0,8791	0,2166	0,3613	0,0051	0,5208	0,3587	0,8233	
Yhdysvaikutus		0,1591	0,4877	0,0799	0,7647	0,7858	0,9349	0,7751	0,2169	
Vuosi		<0,0001	0,0027	0,0301	<0,0001	0,0019	0,0023	<0,0001	0,0434	

*Tilastollinen testaus pH-logaritmiluvulla.

Maanperä tasaantui ominaisuuksiltaan kokeen edetessä, ja uuden kalkituksen myötä saatiin selkeämmät ja loogisemmat laatuerot kalkitulle ja ei-kalkitulle maalle (Taulukko 7, Kuvat 2–5). Vuoden 2012 kalkituksen (4000 kg/ha) myötä maahan kertyi 800 kg/ha kalsiumia ja 200 kg/ha magnesiumia. Yhteensä kalkkia oli neljän vuoden aikana lisätty 10 tn/ha, mikä vastasi yhteensä 2000 kg kalsiumia hehtaarille (800 mg kalsiumia/l maata) ja 500 kg magnesiumia hehtaarille (200 mg magnesiumia/l maata).

Taulukko 7. Kalkituksen vaikutus koejakson 2012-2014 maan viljavuuteen väkilannoitetulla nurmella. SAS mixed –proseduuri.

VL 2012–2014		JI	pH*	Ca	P	K	Mg	S	Ca/Mg	
				mg/l						
Kalkitus	Alennettu	1,12	6,2	2020	13,6	45	91	25	24	
Ei kalkitusta	Alennettu	0,83	5,7	1102	12,6	38	36	20	32	
		0,29	0,5	918	1,08	7	55	4	-8	
Kalkitus	Suositus	1,08	6,3	2009	13,0	35	95	21	23	
Ei kalkitusta	Suositus	0,92	5,6	1157	12,8	34	34	21	36	
		0,16	0,6	852	0,22	1	61	0	-13	
Tilastollinen merkitsevyys										
SEM		0,03	0,19	212	0,77	1,55	6,28	1,50	4,52	
Kalkitus		0,0003	<0,0001	0,0531	0,5865	0,0849	0,0053	0,4220	0,1465	
Lannoitustaso		1,0000	0,9876	0,8042	0,6154	0,0061	0,7615	0,3570	0,4850	
Yhdysvaikutus		0,3732	0,4556	0,7126	0,2317	0,2091	0,4681	0,1475	0,1799	
Vuosi		0,0012	0,0085	0,3094	<0,0001	<0,0001	0,0601	<0,0001	0,0045	

*Tilastollinen testaus pH-logaritmiluvulla.

Uudella koejaksolla kalkituksella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus maan johtolukuun, pH-arvoon sekä magnesiumpitoisuuteen. Maan kalsium-magnesium-suhde oli keskimäärin laskenut kalkitussa maassa magnesiumpitoisuuden nousun myötä. Maan pH ja kalsiumpitoisuudet säilyivät uudella koejaksolla ennallaan kalkituksesta huolimatta, mutta kalkitun ja ei-kalkitun välinen ero sai suuremman *p*-arvon. Nykänen (1998) havaitsi, ettei maan kalsiumin alkupitoisuudella ole suoraviivaista vaikutusta kalsiumpitoisuuden kohottamisessa kalkituksen avulla. Tässä kokeessa maan kalsiumpitoisuus nousi kalkituksen avulla viljavuusluokasta välttävä luokkaan tyydyttävä nimenomaan ensimmäisellä kalkituskerralla, ja uusi kalkitus tyydyttävässä kalsiumluokassa ei keskimäärin vaikuttanut pitoisuuksiin. Kalsiumpitoisuuden hitaaseen nousuun koalueella saattoi osin vaikuttaa kalsiumin sitoutuminen suuriin nurmisatoihin.

Koalueen maaperä oli runsasmultaista hienoa hietaa tai hiesuista hietaa. Kyseinen maalaji tarvitsee pH arvon 6,1–6,5 saavuttaakseen hyvän pH viljavuusluokan. Uuden kalkituskäsittelyn myötä tämä tavoite toteutui kalkituilla koeruuduilla. ”Ei kalkittu” -maa oli koevuosina pH:ltaan välttävän tai tyydyttävän luokan maata, pH arvot vaihtelivat välillä 5,5–5,9.

Maan kalsiumpitoisuus saavutti kalkituilla ruuduilla ensimmäisellä koejaksolla tyydyttävän (suositusten mukainen typpilannoitus) tai hyvän (alennettu typpilannoitus) viljavuusluokan. Ei-kalkitulla maalla viljavuusluokka säilyi jatkuvasti välttävänä. Maan magnesiumpitoisuus nousi ensimmäisellä kalkituskerralla lähtöpitoisuudesta noin 40 mg/l pitoisuuksiin 60–80 mg/l (Kuva 3). Uusintakalkitus magnesiumpitoisella kalkilla johti selkeämpään eroon kalkitun (noin 80–120 mg/l) ja ei-kalkitun maan välillä. Maan kalsium-magnesium-suhteet eri koejäsenillä olivat korkeat optimiin (8–13) nähden. Suhteen keskimääräinen aleneminen kalkitussa maassa uudella koejaksolla oli todennäköisesti magnesiumpitoisen kalkin ansiota. Ei-kalkitussa maaperässä suhde hieman nousi nurmivuosien myötä erityisesti alennetun lannoituksen koejäsenillä (Kuva 5).

Kalkitus ei vaikuttanut maan kalium- tai rikkipitoisuuteen. Maaperä oli kohtuullisen kaliumköyhää viljavuustulosten ja pohjamaan reservikaliummäärityksen (pitoisuus keskimäärin 800 mg/l) perusteella. Rikin viljavuusluokka oli hyvä kaikilla koejäsenillä.

3.4.2 Karjanlanta osa nurmen lannoitusta

Karjanlantakokeesta testattiin vain uusi koejakso 2012–2014, sillä lähtötilanteessa maaperän suurin vaihtelu (pH, ravinnepitoisuudet, tiivis maa) osuivat juuri karjanlannalla lannoitetuille ruuduille. Samoin kuin väkilannoitejäsenillä, oli uuden kalkituksen 2012 myötä maata kalkittu yhteensä 10 tn/ha, ja maahan kertyneen kalsiumin ja magnesiumin määrät olivat vastaavasti 2000 kg Ca/ha (800 mg kalsiumia /l maata) ja 500 kg mg/ha (200 mg magnesiumia /l maata). Kalkitus oli nostanut koejaksolle 2012–2014 edetessä tilastollisesti merkitsevästi maan johtolukua, pH:ta, kalsium- ja magnesiumpitoisuutta sekä laskenut selkeästi kalsium-magnesium -suhdetta ja hieman rikkipitoisuutta (Taulukko 8). Rikkipitoisuuden lasku kalkituilla alueilla saattoi liittyä nurmen tehokkaampaan ravinteiden (erityisesti typpi) hyödyntämiseen.

Kalkitseminen johti hyvään pH-viljavuusluokkaan, mutta keskimäärin vain tyydyttävään kalsiumluokkaan. Magnesiumin viljavuusluokka nousi kalkituksen avulla huonosta välttävään. Magnesiumköyhästä maasta johtuen maan kalsium-magnesium-suhde oli magnesiumipitoisen kalkin käyttämisestä huolimatta edelleen optimiin (8–13) nähden korkea, mutta kuitenkin selvästi väkilannoitekoetta matalampi. Kalsium- ja magnesiumviljavuuksien perusteella maa oli pian uuden täydennyskalkituksen tarpeessa.

Taulukko 8. Kalkituksen vaikutus koejaksolla 2012–2014 maan viljavuuteen nurmella, jonka lannoittamiseen käytettiin nautan lietettä vuosittain 30 m³/ha. SAS mixed –proseduuri.

KL 2012–2014		JI	pH*	Ca mg/l	P mg/l	K mg/l	Mg mg/l	S mg/l	Ca/Mg
Kalkitus	Alennettu	0,86	6,2	1677	12,6	36	109	13	17
Ei kalkitusta	Alennettu	0,77	5,8	1241	12,0	35	51	14	25
		0,09	0,4	436	0,6	1	58	-2	-8
Kalkitus	Suositus	0,98	6,3	1888	12,8	37	110	14	18
Ei kalkitusta	Suositus	0,80	5,7	1181	12,1	36	42	15	27
		0,18	0,6	707	0,7	1	68	-1	-9
SEM		0,03	0,10	147	0,41	1,21	6,5	0,51	2,4
Kalkitus		0,0053	<0,0001	0,0389	0,3021	0,4515	0,0052	0,0450	0,0082
Lannoitustaso		0,0079	0,0064	0,5355	0,5978	0,7620	0,4164	0,1416	0,4575
Yhdysvaikutus		0,0633	0,0006	0,2851	0,8832	0,9898	0,3222	0,6638	0,7848
Vuosi		0,0063	0,1273	0,0021	<0,0001	0,1975	0,3122	<0,0001	0,0037

*Tilastollinen testaus pH-logaritmiluvulla.

3.4.3 Lannoitusten vaikutukset maan ravinnepitoisuuksiin koejaksolla 2009–2014

Karjanlannan käyttäminen toiselle sadolle nosti keskimäärin hieman maan pH:ta ja magnesiumipitoisuutta sekä laski rikkipitoisuutta väkilannoitettuun maahan verrattuna (Kuva 2). Syksyllä 2014 lannoitustapojen välinen pH ero oli suosituksen mukaisella lannoitustasolla 0,1 ja alennetulla lannoitustasolla 0,2 pH-yksikköä (Kuva 2). Väkilannoitus nosti maan keskimääräistä rikkipitoisuutta, sillä lannoitteet sisälsivät rikkiä karjanlantaa enemmän. Karjanlannan kokonaisrikkipitoisuuden tiedetään olevan keskimäärin matalan, noin 0,1–0,5 kg S/tn (Kauppila 2009), mutta koska rikin määrittäminen ei sisälly lanta-analyysiin, pitoisuuksista ei ole kattavaa tietoa. Tässä kokeessa alimmat vuosittaiset maan rikkipitoisuudet olivat karjanlantajäsenellä, jolla oli alennettu typpilannoitus ja suurimmat pitoisuudet suositusten mukaisesti lannoitetulla väkilannoitekoejäsenellä.

Karjanlannalla saattoi olla maan kalsium-magnesium-suhdetta alentava vaikutus. Parhaimmat (alimmat) Ca-Mg -suhteet olivat maaperällä, joka oli sekä kalkittu että lannoitettu karjanlannalla alennetulla typpitasolla (Kuva 5). Ei-kalkitus maaperässä Ca-Mg-suhde sen sijaan nousi entisestään nurmivuosien myötä, erityisesti alennetun lannoituksen koejäsenillä.

Kokeen edetessä maan kalium- ja fosforipitoisuudet yleensä laskivat syksyn 2009 lähtötilanteeseen verrattuna kaikilla koejäsenillä (Kuva 3, Taulukot 5–7). Tähän vaikuttivat osin koevuoden olosuhteet, mutta myös nurmen suuret vuosittaiset kalium- ja fosforisadot. Syksyllä 2014 maanäytteet otettiin erittäin kuivasta maasta ennen syyssateita, mikä näkyy edellisvuosia korkeampina fosforipitoisuuksina. Kuivien olosuhteiden on aiemminkin raportoitu nostavan maan fosforipitoisuutta (Mustonen ym. 2013). Kalkitun nurmen hieman suurempi fosforinotto ei heijastunut tuloksissa kuitenkaan alempina maan fosforipitoisuuksina, vaan suurimmat fosforipitoisuudet olivat väkilannoitetulla ja kalkitulla koejäsenellä.

Maan viljavuuskaliumipitoisuus laski koejaksolla fosforia nopeammin. Vaikutti siltä, että lannoitteen kaliumilla oli merkityksensä viljavuuskaliumipitoisuuteen. Karjanlantajäsenillä koevuosien 2009–2011 aikana maan kaliumipitoisuuden lasku saattoi liittyä riittämättömään lannoitukseen. Kyseisellä jaksolla koejäsenet saivat kaliumia karjanlannassa noin 90 kg/ha toiselle nurmisadolle. Väkilannoitekoejäsenillä vuosittainen hyvätaoinen (noin 190 kg K/ha) kaliumlannoitus saattoi hidastaa maan kaliumipitoisuuden alenemista. Vuoden 2014 hyvin matalat kaliumarvot väkilannoitetuilla koejäsenillä saattoivat liittyä kaliumlannoitusvirheeseen: toisen niiton kaliumlannoitus (noin 80 kg K/ha) jäi väkilannoitekoejäseniltä lannoittamatta. Kaliumlannoitusvirhe heijastui selvästi myös toisen sadon kaliumipitoisuuksiin (10,6–16,4 g K/kg ka). Kokeen kaliumlannoitukseen tulee kiinnittää jatkossa enemmän huomiota.

3.5 Kalkitus lisäsi yleensä hieman nurmen satoa

Aiemmin kalkituksen on raportoitu lisänneen selvästi nurmisatoa, kun nurmiseoksessa on ollut mukana puna-apilaa (Jaakkola ym. 1985, Kemppainen ym. 1993). Nurmiheinien on sen sijaan todettu olevan kasvuolojen suhteen vaatimattomia kasveja, joilla maan pH alaraja voi olla jopa alle 5,3 (Hakkola 1991). Nyt raportoitavassa kokeessa kalkituksella oli melko pieni satovaikutus. Tulosten perusteella vaikuttaisi myös siltä, että nurmen kasvu voi tietyissä olosuhteissa olla tehokasta, vaikka maan pH olisi hieman matala: kokeessa ei-kalkitun nurmen kasvua melko happamasta maasta huolimatta edistivät maasta vapautuvat suuret vuosittaiset typpimäärät (jopa 100 kg/ha vuodessa) ja huolellinen lannoittaminen.

3.5.1 Väkilannoitetun nurmen kuiva-ainesadot 2009–2014

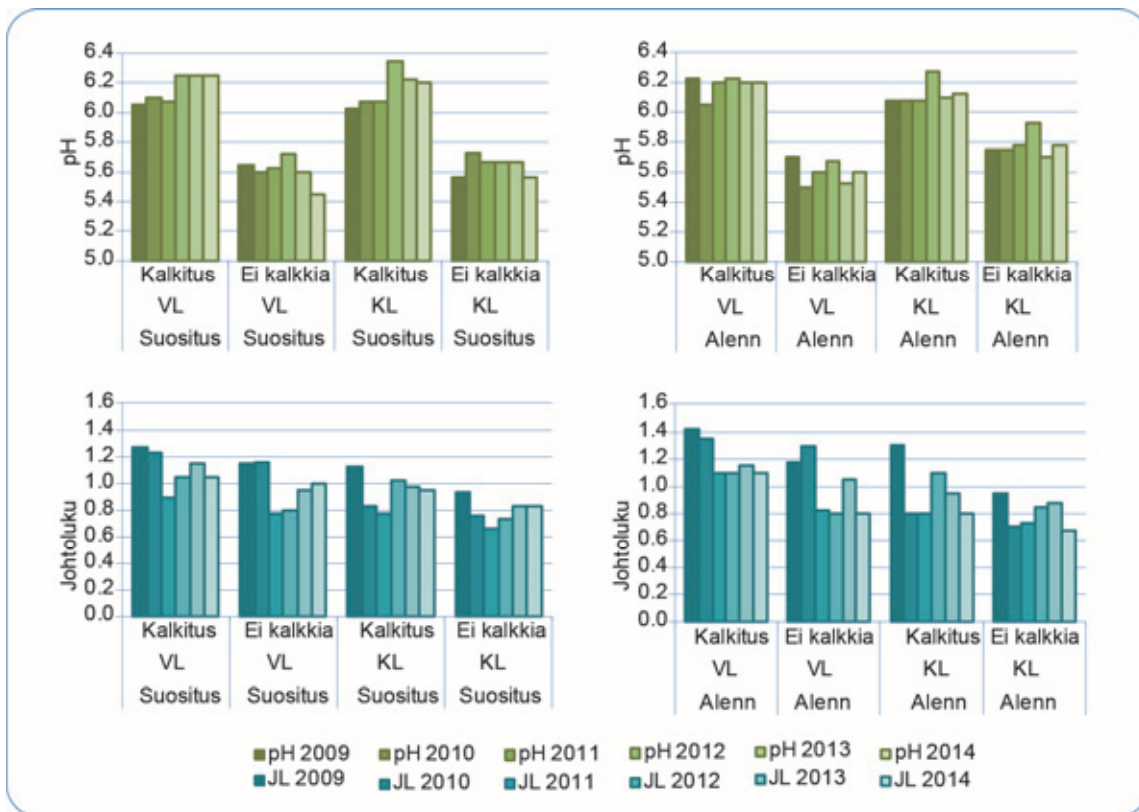
Kalkituksen avulla saatiin alennetulla lannoitustasolla keskimäärin aina hieman parempi kuiva-ainesato kuin ilman kalkitusta (Taulukko 9). Suositusten mukaisella lannoitustasolla satotulokset vaihtelivat vuosittain niin, että sätosumma 2009–2014 oli käytännössä yhtä suuri kalkitulla ja ei-kalkitulla nurmella. Pelkästään nurmivuosia tarkasteltaessa vuosittainen satoero kalkituksen eduksi oli tilastollisesti merkitsevä molemmilla lannoitustasoilla ja vastaava nurmivuosien kumulatiivinen satoero oli lähes tilastollisesti merkitsevä (Taulukko 10). Sekä nurmivuosien että kokoviljavuosien kuiva-ainesadot olivat aina hyvin suuret.

Kalkitus vaikutti vaihtelevasti eri niittokertojen kuiva-ainesatoihin koejakson nurmivuosina (vuosien 2013 ja 2014 tulokset on esitettyinä liitteissä 4–15), mutta kalkituksen satoedun arveltiin olevan suuremman kolmen korjuukerran strategiassa pitemmän satokauden ja suuremman kokonaissadon ansiosta kahden korjuukerran strategiaan verrattuna. Pitempi kasvujakso tehostaa jälkikasvun mahdollisuutta hyödyntää kalkituksen ansiosta maasta vapautuvia ravinteita.

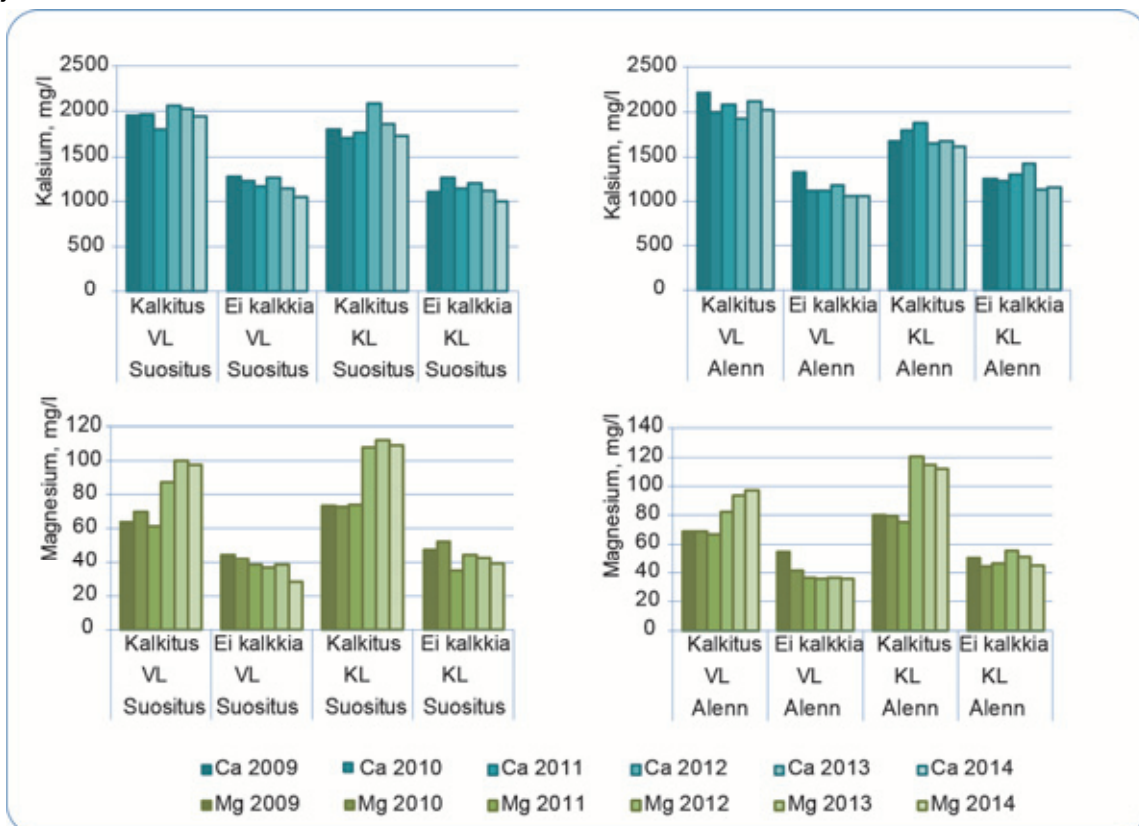
Koejaksolla 2012–2014 koealueen maaperään oli saatu riittävät pH-erot eri koejäsenille. Vuonna 2014 saatiin kalkitusta nurmesta lähes tilastollisesti merkitsevästi enemmän satoa kuin ei-kalkitusta nurmesta (Taulukko 9). Satoero oli tosin edelleen kohtuullisen pieni. Vuonna 2013 kalkitun ja suositusten mukaan lannoitetun (kalkitus, väkilannoite, N-suositus) nurmen tiheys oli vastaavaa kalkitsematonta nurmea hieman heikompi, mikä heijastui satotuloksiin molempina nurmivuosina 2013 ja 2014. Taustalla on todennäköisesti perustamisvuoden rehevästi kasvaneen kokoviljan runsas lakoaminen poikkeuksellisen rankan sadekuuron seurauksena (Kuvat 6 ja 7). Typen lannoitustasolla oli yleensä tilastollisesti merkitsevä vaikutus satotuloksiin, vaikkakin ero lannoitustasojen välillä oli yllättävän pieni.

Taulukko 9. Kuiva-ainesatoestimaatit kg ka/ha vuosina 2009–2014 ja yhteensä väkilannoitetulla (VL) nurmella. SAS MIXED-proseduuri.

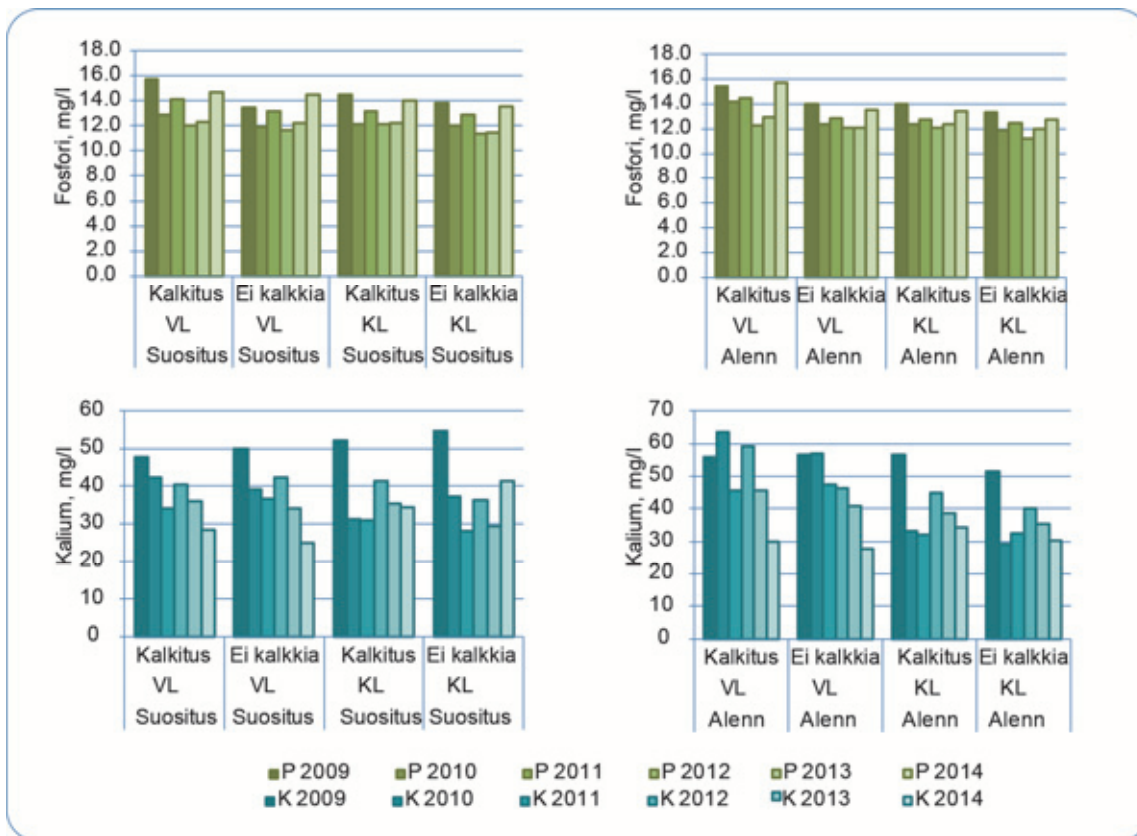
Käsittely	Lann.taso	Kuiva-ainesato, kg ka /ha						Summa
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	
		Kokovilja	Nurmi	Nurmi	Kokovilja	Nurmi	Nurmi	Kaikki
Kalkitus	Alenn	8994	11687	9178	6400	11509	11794	59010
Ei kalkkia	Alenn	8658	11411	8952	5620	10799	11358	56738
		336	276	226	781	710	436	2272
Kalkitus	Suositus	9141	12853	9749	6350	12459	12049	62601
Ei kalkkia	Suositus	9422	12522	9612	6570	12792	11619	62478
		-281	331	137	-221	-333	430	123
Sem		156	267	144	108	245	148	617
Kalkitus	P-arvo	0.9002	0.4609	0.4082	0.1470	0.4712	0.0609	0.2190
Lann.taso	P-arvo	0.0561	0.0005	0.0006	0.0005	<0.0001	0.2420	0.0002
Kalkitus*	P-arvo	0.1757	0.8740	0.6533	0.0003	0.0479	0.9868	0.1061
Lann.taso								



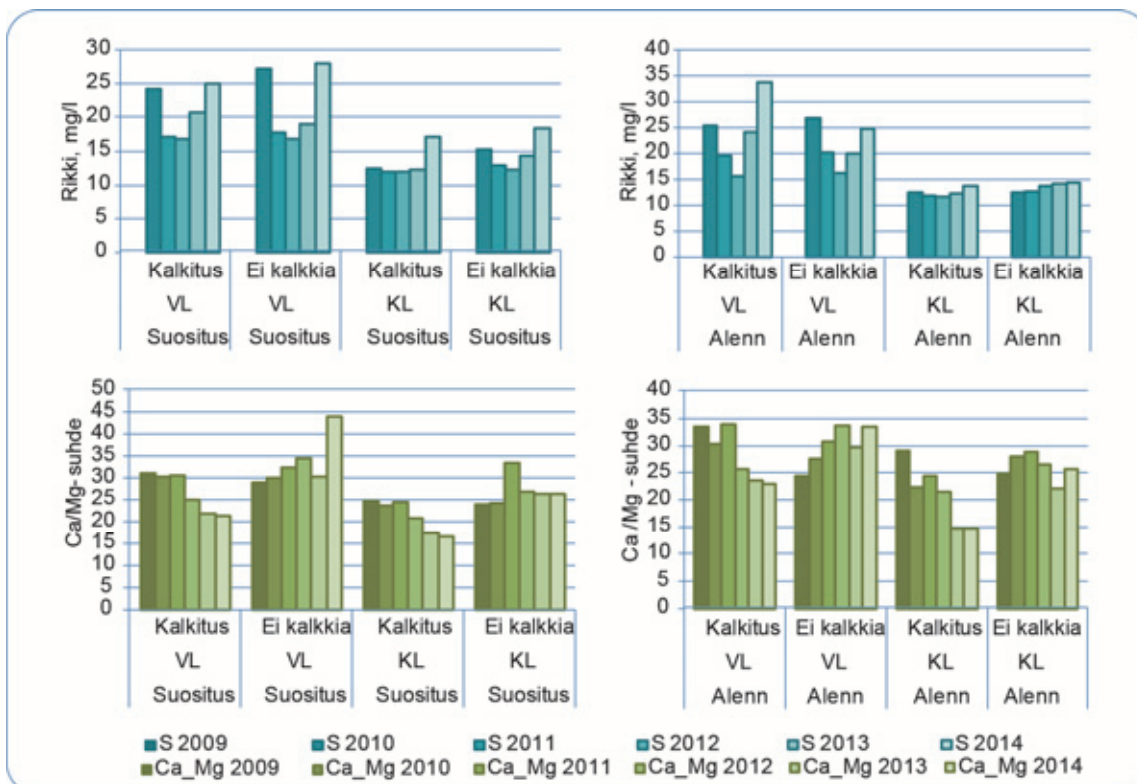
Kuva 2. Maan pH:n ja johtoluvun muutokset suositusten mukaisesti (kuvassa vasemmalla) sekä alennetulla lannoitustasolla (kuvassa oikealla) lannoitetulla nurmella vuosina 2009–2014. Kalkituskäsittely on tehty kokeen perustamisen ja uusimisen yhteydessä vuosina 2009 ja 2012. VL= väkilannoitus, KL= karjanlanta toiselle sadolle.



Kuva 3. Maan kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien muutokset suositusten mukaisesti (kuvassa vasemmalla) sekä alennetulla lannoitustasolla (kuvassa oikealla) lannoitetulla nurmella vuosina 2009–2014. Kalkituskäsittely on tehty kokeen perustamisen ja uusimisen yhteydessä vuosina 2009 ja 2012. VL= väkilannoitus, KL= karjanlanta toiselle sadolle.



Kuva 4. Maan fosfori- ja kaliumpitoisuuksien muutokset suosituksen mukaisesti (kuvassa vasemmalla) sekä alennetulla lannoitustasolla (kuvassa oikealla) lannoitetulla nurmella vuosina 2009–2014. Kalkitus- käsittely on tehty kokeen perustamisen ja uusimisen yhteydessä vuosina 2009 ja 2012. VL= väkilannoitus, KL= karjanlanta toiselle sadolle.



Kuva 5. Maan rikkipitoisuuden ja kalsium-magnesium –suhteen muutokset suosituksen mukaisesti (kuvassa vasemmalla) sekä alennetulla lannoitustasolla (kuvassa oikealla) lannoitetulla nurmella vuosina 2009-2014. Kalkituskäsittely on tehty kokeen perustamisen ja uusimisen yhteydessä vuosina 2009 ja 2012. VL= väkilannoitus, KL= karjanlanta toiselle sadolle

Taulukko 10. Kuiva-ainesatoestimaatit kg ka/ha koejakson nurmivuosina 2010, 2011, 2013 ja 2014 keskimäärin ja yhteensä väkilannoitetulla (VL) nurmella. SAS MIXED-proseduuri.

Nurmivuodet 2010, 2011, 2013 ja 2014			Sato /vuosi	Kumul. Sato
			kg ka /ha	kg ka /ha
Kalkitus	VL	Alenn	11 041	44 168
Ei kalkkia	VL	Alenn	10 614	42 460
			427	1 708
Kalkitus	VL	Suositus	11 776	47 111
Ei kalkkia	VL	Suositus	11 621	46 486
			155	625
Sem			104	364
Kalkitus		Pr > F	0.0499	0.0639
Lann.taso		Pr > F	<0.0001	<0.0001
Kalkitus*Lann.taso		Pr > F	0.1488	0.1495



Kuva 6. Kasvustossa oli silmämääräisesti havaittavissa kalkitun maan (oikealla) rehevämpi suojaviljan kasvu. Kuva: Raija Suomela.



Kuva 7. Elokuun 2012 rankka sadekuuro (n. 60 ml/vrk) aiheutti suuren lako-ongelman kokeeseen. Rehevimminkin kasvaneet ruudut (karjanlannalla lannoitetut, kalkitut ja suosituksen mukaan lannoitetut) olivat lähes 100 % laossa. Kuva: Raija Suomela.

3.5.2 Karjanlanta osana nurmen lannoitusta 2012–2014

Karjanlantakokeen 2012–2014 tulokset olivat väkilannoitekokeen kanssa yhteneviä sikäli, että a) kalkitseminen ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi kuiva-ainesatoon vuositasolla, b) alennetulla lannoitus- tasolla kalkittu nurmi tuotti keskimäärin hieman enemmän satoa kuin ei-kalkittu ja c) suositusten mukaisesti lannoitetun nurmen tiheys- ja tiiviysongelmat saattoivat keskimäärin alentaa kalkituilla ruuduilla satoa ”ei kalkittuun” nurmeen verrattuna (Taulukko 11).

Suosituksen mukaisella typpilannoitustasolla (erityisesti karjanlantakokeessa) ilmenneet suojaviljan lakotulokset osoittivat nurmen huolellisen perustamisen tärkeyden: koska nurmen perustamisessa käytetään usein karjanlantaa, suojaviljan korrenlujuuteen kannattaa kiinnittää huomio ja harkita korrensäteen käyttöä. Aukkoisen kasvuston aiheuttama menetys nurmisadon määrässä voi olla taloudellisestikin erittäin merkittävä.

Eräs selittävä tekijä sille, miksi karjanlannan käyttö ja voimakas typpilannoitus voisivat johtaa huonompaan satotulokseen nimenomaan kalkitusmaassa, voi olla typen haihtuminen pH:ltaan lähes neutraalista maasta ammoniakkinä, kuten nurmen pintakalkituskokeessa epäiltiin tapahtuneen (Saarela ym. 1981). Tässä kokeessa kalkki äestetettiin maahan nurmen perustamisessa ja karjanlanta levitettiin nurmen pintaan letkulevittimellä, jolloin vain osa lannasta on ollut kosketuksissa maan pintaan, eikä kalkitus luultavasti ole merkittävästi lisännyt typen haihtumista ei-kalkittuun maahan verrattuna. Lietteen sijoittaminen voisi joka tapauksessa ratkaista typen haihtumisen ongelman letkulevitystä huomattavasti tehokkaammin. Toi- nen selittävä tekijä suositusten mukaisen typpilannoituksen ongelmille tässä kokeessa saattoi olla nurmen talveutumisen häiriintyminen syksyllä maasta luontaisesti vapautuvan erittäin runsaan typpimäärän ta- kia.

Taulukko 11. Karjanlantakokeen satotulokset kg ka/ha koejaksolla 2012-2014.

Käsittely			Kuiva-ainesato, kg ka /ha			
			2012	2013	2014	Summa
			<i>Kokovilja</i>	<i>Nurmi</i>	<i>Nurmi</i>	<i>Nurmi</i>
Kalkitus	KL	Alenn	6245	11567	11344	22911
Ei kalkkia	KL	Alenn	6417	11282	11062	22344
			-172	285	282	567
Kalkitus	KL	Suositus	5929	11999	12369	24368
Ei kalkkia	KL	Suositus	6249	12241	12624	24865
			-320	-242	-255	-497
Sem			*	247	248	302
Kalkitus /ei		P-arvo		0.9377	0.9702	0.9136
Lann.taso		P-arvo		0.0653	0.0124	0.0009
Kalkitus*lann.taso		P-arvo		0.2226	0.4214	0.1484
Reservikalium		P-arvo		0.1165	0.3922	0.1577

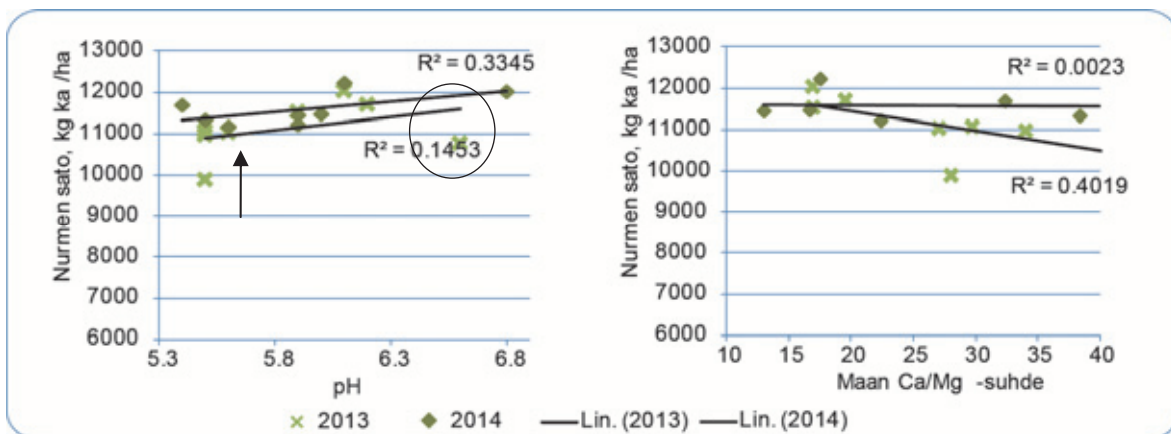
*Karjanlannalla perustetun kokeen lakoontumisen (keskimäärin 89 %) takia satotulosten luotettavuus oli huono, sillä kokoviljaa jäi koeruuduille satunnaisia määriä. Tuloksia ei testattu tilastollisesti.

3.5.3 Kuiva-ainesadon ja maaperän ominaisuuksien yhteys koejäsenet yhdistävässä ai- neistossa

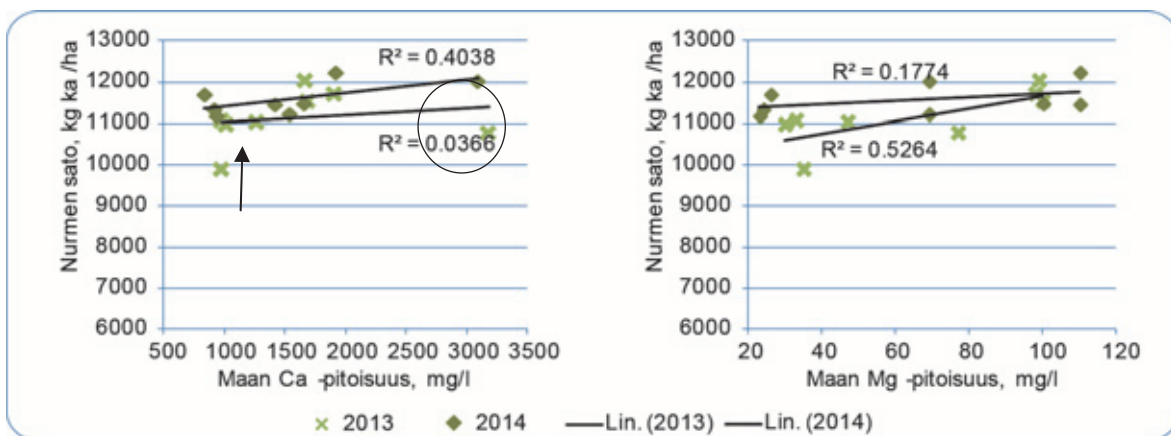
Nurmen kuiva-ainesadon (alennettu typpilannoitus) ja maaperätekijöiden yhteyttä tarkasteltiin vuosina 2013 ja 2014 sato-maaperä-kuvina, koska maaperässä oli melko suuri hajonta eri maaperän ominaisuuksi- en suhteen ilman koekäsittelyjäkin. Kuvissa esitettiin samasta lannoituskäytännöstä sekä kalkittujen että ei-kalkittujen koejäsenten tulokset yhtä aikaa. Kokeen muutamien erityisten maaperätulokset ja mm. nurmen tiheysongelma sekoittivat vielä hieman tuloksia. Selviä lainalaisuuksia sadon ja maaperätekijöiden välillä ei siten toistaiseksi löytynyt, mutta viitteitä kuitenkin on olemassa.

Sadon ja pH-arvon välinen yhteys oli suuntaa-antava vuonna 2014 alennetulla väkilannoitustasolla (Kuva 8). Maan pH:n nouseminen viittasi samalla myös maan kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien nousemiseen ja maan kalsium-magnesium-suhteen alenemiseen. Suurimmat selitysasteet saatiin vuonna 2013 kuiva-ainesadon ja maan magnesiumpitoisuuden yhteydelle ($r=0,53$) sekä sadon ja maan kalsium-magnesium-suhteen yhteydelle ($r=0,40$) alennetulla typpitasolla väkilannoitekokeessa (Kuvat 8 ja 9).

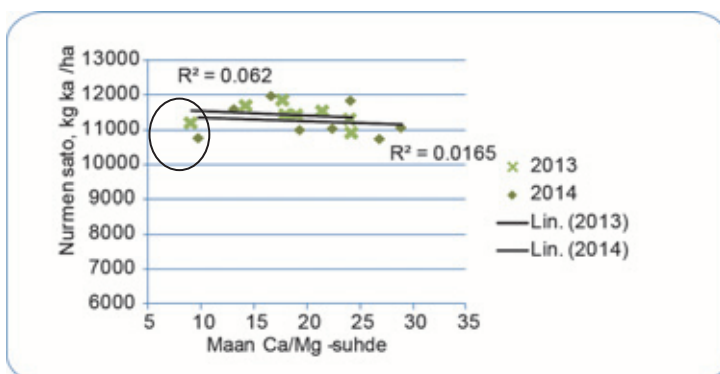
Karjanlantakokeen sato-maaperä-kuvat eivät olleet yhtä selkeitä kuin väkilannoitekokeen vastaavat. Karjanlanta eloperäisenä lannoitteena toi biologista ja siten hallitsematonta vaihtelua kokeeseen. Alennetulla typpilannoitustasolla oli kuitenkin karjanlantakokeessakin havaittavissa suuntaa-antava yhteys kalsium-magnesium-suhteen alenemisen ja sadon nousun välillä, jos poikkeavia tuloksia ei huomioitu (Kuva 10).



Kuva 8. Nurmen kuiva-ainesadon suhde maan pH-arvoon ja kalsium-magnesium-suhteeseen vuosina 2013–2014 (väkilannoitus, alennettu lannoitustaso, sekä kalkitut että ei-kalkitut ruudut). Mikäli poikkeavia tuloksia (ympyrä) ei huomioida, pH-sato -yhteys on selkeä.

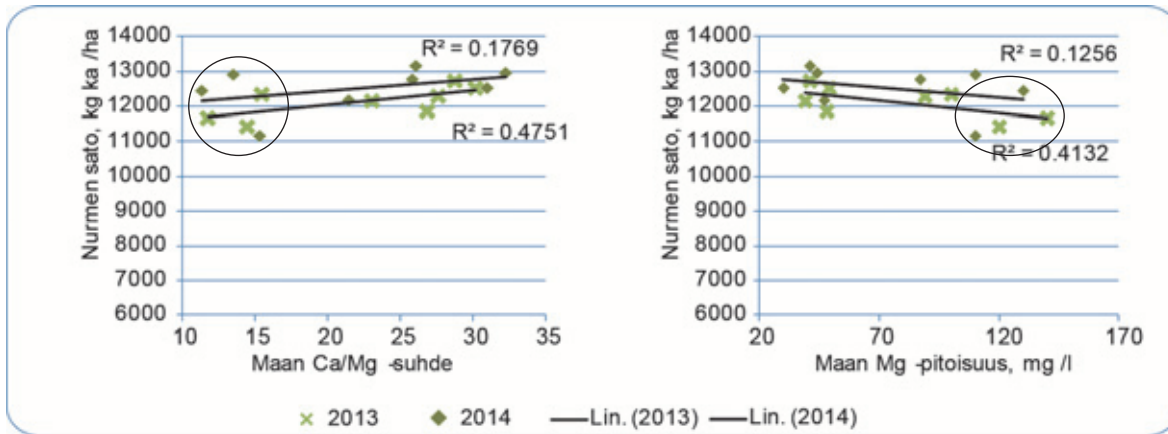


Kuva 9. Nurmen kuiva-ainesadon suhde maan kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin vuosina 2013–2014 (väkilannoitus, alennettu lannoitustaso, sekä kalkitut että ei-kalkitut ruudut). Maan magnesiumpitoisuuden ja sadon yhteys oli vuonna 2013 selkeä. Mikäli poikkeavia tuloksia ei huomioida, myös maan kalsiumpitoisuuden ja sadon yhteys oli selkeä vuonna 2013.



Kuva 10. Nurmen satomäärän ja kalsium-magnesium-suhteen yhteys 2013–2014 (karjanlanta, alennettu typpilannoitus).

Suosituksen mukaisella lannoituksella karjanlantakokeen satotulokset olivat kalkitulla nurmella keskimäärin hieman ei-kalkittua huonommat aiemmin jo mainittujen tiheys- ja tiivysongelmien vuoksi. Satotulosten ja maaperäominaisuuksien yhteys katosi tuloksista ja riski johtopäätösten epäonnistumiselle kasvoi: Kalkitun nurmen keskimäärin hieman pienemmät satotulokset ja suuremmat maan magnesiumpitoisuudet ei-kalkittuun verrattuna saivat sato-maaperä-kuvat kääntymään pääläelleen (Kuva 11). Tuloksista johdetut kuvat viittaisivat maan magnesiumpitoisuuden nousun tai kalsium-magnesium-suhteen laskun huonontavan satoa, mikä ei varmaankaan pidä paikkaansa magnesiumköyhällä maalla.



Kuva 11. Nurmen kuiva-ainesadon yhteys maan kalsium-magnesium-suhteeseen sekä magnesiumpitoisuuksiin vuosina 2013–2014 (karjanlanta, suositus). Osa kalkitun nurmen tuloksista erottui kuvissa matalamman kalsium-magnesium-suhteen ja korkeamman maan magnesiumpitoisuuden avulla sekä tiheys- ja tiivysongelman aiheuttaman alemman satomäärän takia.

3.6 Kalkitus lisäsi rehun ruokinnallista arvoa ja pääkivennäisten pitoisuuksia

Kalkitseminen paransi rehun ruokinnallista laatua hyvin monipuolisesti. Rehun ruokinnallisen arvon parantumisen arvioitiin keskeisesti edistävän naudakarjatilalla kokonaisuuden hallintaa: peltoviljelyn ravinnetehtokkuutta, eläinten ruokintaa ja terveyttä sekä tilan tuotannon kannattavuutta.

3.6.1 Sulavuus ja valkuaisarvot

Kalkitus nosti tilastollisesti merkitsevästi väkilannoitetun nurmen sadolla painotettuja energia- ja valkuaispitoisuuksia sekä sulavuus, OIV ja PVT -arvoja ensimmäisenä nurmivuotena 2013 (Taulukko 12). Samaan aikaan kalkitun nurmen kuitupitoisuus (NDF) laski merkitsevästi. Alennetulla lannoitustasolla myös sulamattoman kuidun (iNDF) osuus laski kalkitulla nurmella merkitsevästi (p -arvo 0,0448). Rehun sokeripitoisuuden laskeminen ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Yksittäisten niittokertojen rehun laatutulokset on esitetty liitteissä 4–15.

Karjanlantakokeessa laatuerot kalkitun ja ei-kalkitun nurmen välillä olivat samansuuntaisia kuin väkilannoitetulla nurmella, mutta toisin kuin väkilannoitekokeessa, erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 13). Tilastollisen merkitsevyyden sai ainoastaan iNDF-pitoisuus, joka laski kalkituksen myötä alennetulla lannoitustasolla (p -arvo 0,0131). Karjanlantakokeen suositusten mukaisesti typpilannoitetun nurmen painotettu D-arvo vuonna 2014 oli kalkituilla koejäsenillä keskimäärin suurempi kuin ei-kalkituilla.

Toisen nurmivuoden 2014 tulokset olivat väkilannoitetulla nurmella hyvin samansuuntaiset kuin edellisellä vuotena, mutta tulosten tilastollinen merkitsevyys heikkeni (Taulukko 14). Karjanlantajäsenten laatuominaisuuksista ei yksikään eronnut pääkäsittelyiden välillä tilastollisesti merkitsevästi, mutta rehun energiaarvo, sulavuus ja sokeripitoisuudet olivat kalkitulla nurmella keskimäärin ei-kalkittua suuremmat (Taulukko 15). Kalkitun nurmen valkuaispitoisuus oli nyt keskimäärin pienempi kuin ei-kalkitun nurmen. Suositusten mukaisella typpilannoituksella ja karjanlannalla lannoitetun koejäsenen kasvussa oli sato- ja sadon laatutulosten perusteella kesällä 2014 jokin selkeä ongelma, josta ei päästy selville, mutta joka

ei näyttänyt liittyvän välttämättä kalkitukseen (p -arvot eivät lähelläkään merkitseviä) tai muihin koejärjestelyihin.

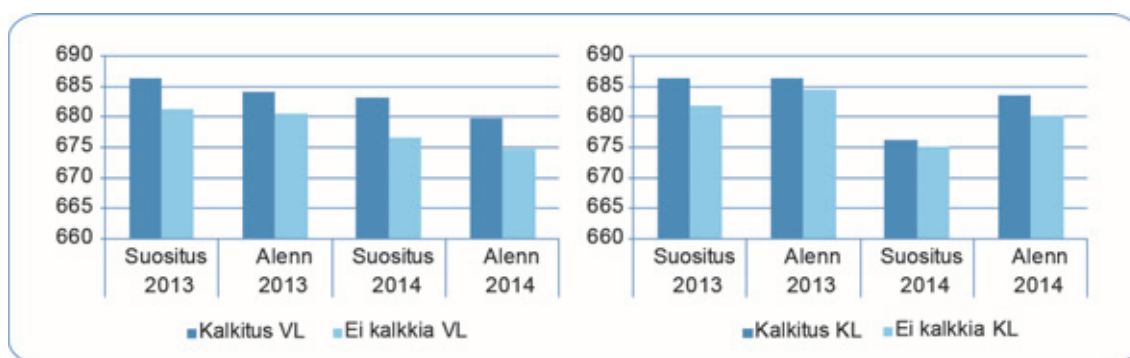
Typpilannoituksen vaikutus rehun laatuun

Myös lannoitustasolla oli vuosina 2013 ja 2014 lähes aina rehun laatuun tilastollisesti merkitsevä vaikutus (Taulukot 12–15). Suositusten mukainen typpilannoitus nosti yleensä sekä väkilannoite- että karjanlanta-jäsenten nurmen energia- ja valkuaisarvoja ja kuidun (NDF ja iNDF) -pitoisuutta ja laskee sokeri- ja tuhka-pitoisuuksia. Alennetun lannoitustason valkuaisastot olivat liian matalat ainakin lypsylehmien ruokintasuosituksiin nähden. Suositusten mukainen lannoitus riitti (kun maaperästä sitoutui vuosittain yli 60 kg N hehtaarilta) nostamaan valkuaispitoisuuden tasolle yli 130 g/kg ka.

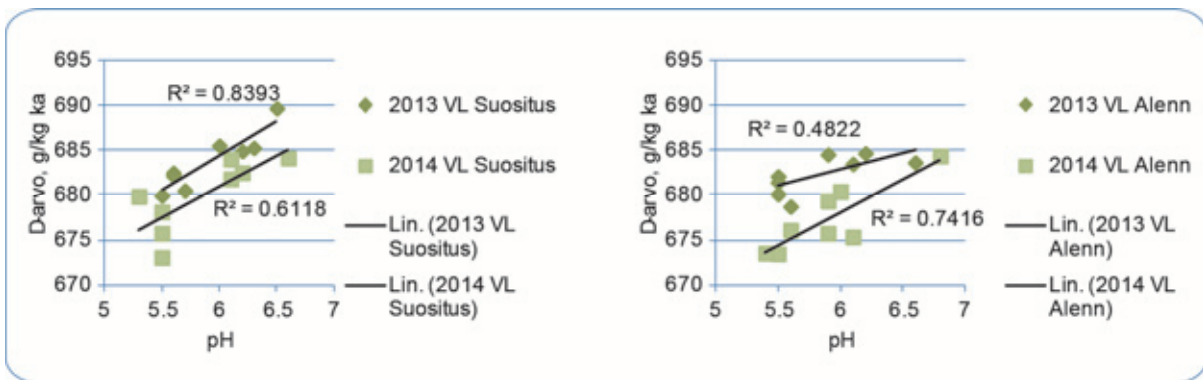
Lannoitustasojen sadolla painotettujen OIV-pitoisuuksien ero, joka lannoitustasoilla oli vuosina 2013 ja 2014 noin 2,25 g/kg ka, on päivittäisessä säilörehuannoksessa (noin 12 kg/ka säilörehua) noin 27 g OIV:tä. Kyseisen OIV-eron korvaamiseen tarvittaisiin alemman lannoitustason säilörehulla yhtä lypsylehmää kohti päivittäin 186 g enemmän rypsiä (OIV-arvoltaan 165 g/kg ka). Rypsirookinta 50 lehmän tilalla lisääntyisi tällöin päivittäin 9,3 kg ja vuosittain (maidontuotantokaudella 305 vrk) noin 2837 kg, jonka arvo voisi rypsin hinnalla 325 €/tn olla noin 922 €.

3.6.2 D-arvon ja maan pH:n selkeä yhteys

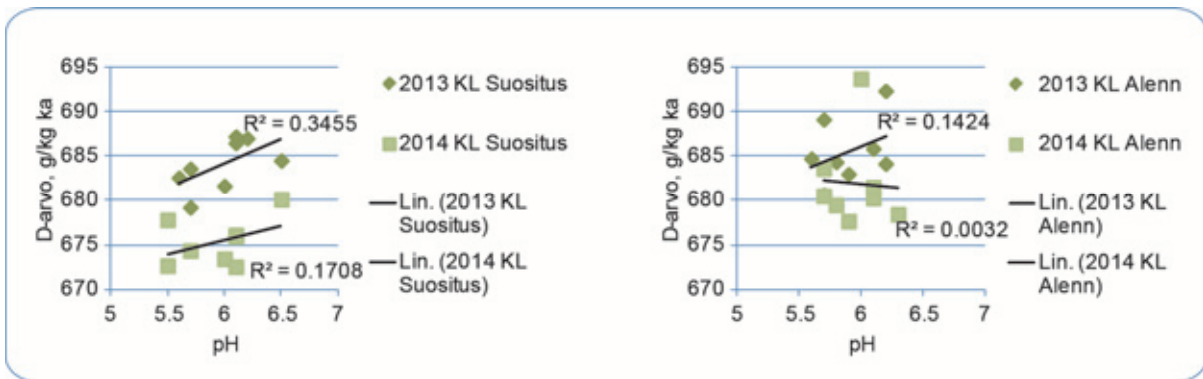
Rehun laadun paraneminen (Kuvat 12–14) kalkituksen avulla liittyi todennäköisesti nurmen kasvuston rakenteen ja yhteyttämistehokkuuden muuttumiseen parantuneen ravinnetalouden (erityisesti typpi) avulla, sillä myös aiemmassa tutkimuksessa on kalkituksella ollut ainakin keskimääräinen vaikutus rehun laadun paranemiseen (Suomela ym. 2010). Tässä kokeessa rehun laatu tuloksiin saattoi vaikuttaa myös se, että kokeessa nurmella esiintyi kasvitauteja erityisesti vuonna 2014. Timoteilla havaitut taudinaiheuttajat olivat *Bipolaris sorokiniana* (tyvi- ja lehtilaikkutauti) ja *Mastigosporium*-sieni. Vaikka kasvustossa ei kalkituksen suhteen ollut silmämääräisesti eroja tautien esiintymisessä, on kalkituksen myötä parantunut ravinnetalous voinut nostaa timotein ja nurminadan vastustuskykyä taudinaiheuttajia vastaan, ja näin parantaa rehun ruokinnallista laatua. Acharya ym. (2011) raportoivat *Bipolaris sorokinianan* esiintymisen liittyvän kasvien ravinteiden saantiin. MTT Ruukissa on nurmikasvustoissa ollut havaittavissa sienitauteja useiden kasvukausien ajan 2010-luvulla. Nurmen taudeista ja eri lajikkeiden alttiudesta taudeille tiedetään kohtuullisen vähän, mutta tautien aiheuttamat laatu- ja satotappiot voivat olla yhä merkittävämpiä ilmaston lämmetessä ja muuttuessa sateisemmaksi.



Kuva 12. Kalkitus nosti rehun sadolla painotettua sulavuutta väkilannoitetulla nurmella (vasemmalla) molemmilla lannoitustasoilla testatulla jaksolla 2013–2014. Kun karjanlanta oli osana nurmen lannoitusta, kalkitun ja suositusten mukaan lannoitetun nurmen sulavuus oli keskimäärin ei-kalkittua suurempi, mutta sulavuuserot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



Kuva 13. Sadolla painotetun D-arvon ja maan pH:n välinen yhteys vuosina 2013 ja 2014 väkilannoitetulla nurmella oli erittäin selkeä. Tuloksissa on yhdistettynä sekä kalkitun että ei-kalkitun nurmen tulokset. D-arvotulos oli sitä parempi, mitä parempi oli maan pH.



Kuva 14. Sadolla painotetun D-arvon ja maan pH:n välinen yhteys vuosina 2013 ja 2014 nurmella, jolla lannoituksessa oli mukana naudanlietelanta. Tuloksissa on yhdistettynä sekä kalkitun että ei-kalkitun nurmen tulokset. D-arvo oli suositusten mukaisella typpilannoituksella yleensä sitä parempi, mitä parempi oli maan pH.

Taulukko 12. Ensimmäisen nurmivuoden 2C13 rehun sadolla painotetut laatuarvot väkiliannoitetulla nurmella

Pääkäsitely	Lannoitus	Lann.taso	ME MJ /kg ka	RV	NDF	Sokeri	D-arvo g /kg ka	INDF	Tuhka	OIV	PVT
Kalkitus	VL	Alenn	10,95	120	523	161	684	72	81	79	1
	VL	Alenn	10,87	115	530	165	681	76	78	78	-3
Kalkitus	VL	Suositus	0,08	5	-7	-4	4	-4	2	1	4
	VL	Suositus	10,99	142	529	140	686	76	77	82	20
Ei kalkkia	VL	Suositus	10,91	136	531	148	681	75	77	81	16
			0,08	6	-2	-8	5	1	0	1	4
	SEM		0,01	1,78	2,01	1,97	0,6049	0,74	1,32	0,19	1,31
Kalkitus	P-arvo		0,0008	0,0045	0,0498	0,1219	0,0024	0,1397	0,2992	0,0064	0,0007
Lann.taso	P-arvo		0,0015	<0,0001	0,1276	<0,0001	0,0623	0,0186	0,0191	<0,0001	<0,0001
Kalkitus+lann.taso	P-arvo		0,6673	0,6339	0,2625	0,2923	0,2664	0,0155	0,3140	0,0044	0,7176

Taulukko 13. Ensimmäisen nurmivuoden 2C13 rehun sadolla painotetut laatuarvot nurmella, jonka lannoituksessa mukana karjanlanta

Pääkäsitely	Lannoitus	Lann.taso	ME MJ /kg ka	RV	NDF	Sokeri	D-arvo g /kg ka	INDF	Tuhka	OIV	PVT
Kalkitus	KL	Alenn	10,97	123	523	161	686	72	81	80	3
	KL	Alenn	10,96	122	532	164	684	76	78	79	2
Kalkitus	KL	Suositus	0,01	2	-9	-2	2	-4	3	0	1
	KL	Suositus	10,99	140	529	140	686	76	77	82	17
Ei kalkkia	KL	Suositus	10,91	137	530	149	682	75	77	81	16
			0,08	3	0	-9	5	1	-1	1	2
	SEM		0,03	2,27	4,00	2,38	1,54	0,55	1,05	0,42	1,78
Kalkitus	P-arvo		0,2349	0,1882	0,1047	0,1139	0,1785	0,0710	0,3005	0,3886	0,2504
Lann.taso	P-arvo		0,5923	<0,0001	0,4211	0,0002	0,5330	0,0378	0,0474	0,0327	<0,0001
Kalkitus+lann.taso	P-arvo		0,2884	0,5914	0,0609	0,2135	0,5146	0,0058	0,1159	0,6908	0,8768
Reservi kalium	P-arvo		0,9956	0,0709	0,0916	0,3429	0,8608	0,1320	0,1050	0,3572	0,0338

Taulukko 14. Toisen nurmivuoden 2014 rehun sadolla painotetut laatuarvot väkilannoitetulla nurmella

Pääkäsitely	Lannoitus	Lann.taso	ME MJ /kg ka	RV	NDF	Sokeri	D-arvo g /kg ka	INDF	Tuhka	OIV	PVT
Kalkitus	VL	Alenn	10,9	128	547	143	680	75	75	80	8
Ei kalkkia	VL	Alenn	10,8	126	555	141	675	81	75	79	7
Kalkitus	VL	Suositus	0,08	2	-7	2	5	-6	0	1	1
Kalkitus	VL	Suositus	10,9	149	547	130	683	78	71	82	27
Ei kalkkia	VL	Suositus	10,8	149	551	126	677	84	71	82	27
Kalkitus	VL	Suositus	0,10	1	-4	4	6	-6	0	1	0
SEM			0,02	1,00	2,54	2,75	0,98	1,09	0,85	0,24	1,55
P-arvo			0,0133	0,8041	0,0273	0,4281	0,0169	0,0004	0,8508	0,0690	0,9092
Lann.taso			0,0725	<0,0001	0,3903	0,0012	0,0609	0,0176	0,0004	<0,0001	<0,0001
Kalkitus*lann.taso			0,5400	0,7884	0,4483	0,7005	0,5971	0,8912	0,8812	0,8964	0,7406

Taulukko 15. Toisen nurmivuoden 2014 rehun sadolla painotetut laatuarvot nurmella, jonka lannoituksessa mukana karjanlanta

Pääkäsitely	Lannoitus	Lann.taso	ME MJ /kg ka	RV	NDF	Sokeri	D-arvo g /kg ka	INDF	Tuhka	OIV	PVT
Kalkitus	KL	Alenn	10,94	119	544	153	684	73	74	79	0
Ei kalkkia	KL	Alenn	10,88	121	549	147	680	77	74	79	3
Kalkitus	KL	Suositus	0,06	-2	-4	7	3	-4	-1	0	-2
Kalkitus	KL	Suositus	10,83	135	552	129	676	81	74	80	15
Ei kalkkia	KL	Suositus	10,80	143	552	124	675	84	74	81	23
Kalkitus	KL	Suositus	0,03	-8	1	5	1	-3	0	-1	-8
SEM			0,03	3,93	1,44	4,07	1,74	1,44	1,10	0,28	3,57
P-arvo			0,3746	0,2956	0,3659	0,3474	0,3489	0,1230	0,6336	0,4912	0,2756
Lann.taso			0,0569	0,0024	0,0179	0,0010	0,0303	0,0027	0,9388	0,0082	0,0031
Kalkitus*lann.taso			0,6911	0,3608	0,2508	0,7960	0,6576	0,9229	0,8119	0,3969	0,4020
Reservi kallium			0,6354	0,4028	0,0964	0,8543	0,7498	0,5393	0,0534	0,3428	0,4148

3.6.3 Kivennäiskoostumuksen paraneminen

Kalkitus vaikutti edullisesti rehun sadolla painotettuun kivennäiskoostumukseen nostamalla rehun pääkivennäisten kalsium- ja magnesiumpitoisuuksia sekä laskemalla rehun ekvivalenttiarvoa (Taulukot 16–19, Liitteet 4–15). Kalkitus kuitenkin vähensi rehun mangaani- ja sinkkipitoisuuksia. Nurmikasvit tarvitsevat omaan tasapainoiseen kasvuunsa tietyn määrän kivennäisiä, jotka rehustuksen myötä ovat myös tärkeä osa nautojen kivennäisruokintaa. Nurmirehun kivennäispitoisuuksia voidaan väkirehuilla ja kivennäisvalmisteilla ruokinnassa kuitenkin korjata, eikä tarkkoja suosituksia nurmirehun kivennäispitoisuuksille ole.

Kalsium on tärkeä kasvaville naudoille ja korkeatuottoisille lypsylehmille

Nurmirehun kalsium on tärkeä kalsiumlähde kasvaville naudoille tai esimerkiksi korkeatuottoisille lypsylehmille. Säilörehunurmien kalsiumpitoisuuksien tiedetään ruokinnan tarpeisiin verrattuna olevan kohtuullisen matalia. Tässä kokeessa kalsiumpitoisuudet olivat kalkitulla nurmella keskimäärin 4,6 ja ei-kalkitulla nurmella keskimäärin 4,0 g /kg ka. Molemmat olivat kohtuullisen riittäviä ruokinnan suunnittelua ajatellen, mutta ainoana kalsiumlähteenä ei-kalkittu nurmi arvioitiin riittävän vain ummessa oleville lehmille. Korkeatuottoisen lypsylehmän tai kasvavan lihanaudan ruokinnan kalsiumtarpeeseen (noin 5–6 g/kg ka) vastasi paremmin kalkittu nurmi.

Rehun magnesiumpitoisuuden nousu paransi rehun EKV-arvoa

Rehun magnesiumpitoisuudet (noin 1,0–1,6 g/kg ka) olivat erityisesti ei-kalkitulla nurmella matalat rehu-
taulukoiden (MTT 2014) ilmoittamiin keskimääräisiin rehun pitoisuuksiin 1,6–2,2 g/kg ka verrattuna. Koealueen maaperän magnesium-viljavuusluokka oli lähtötilanteessa huono, mutta kalkitus nosti magnesiumpitoisuutta sekä maassa että rehussa. Myös nurmirehun ekvivalenttiarvot olivat kaikilla koejäsenillä kohtuullisen matalat rehun erittäin matalan kaliumpitoisuuden seurauksena. Nurmirehun ekvivalenttiarvon ($K/(Ca+Mg)$) suositellaan olevan alle 2,2. Kaliumin määrän suhteessa kalsiumin ja magnesiumin määrään tulisi olla pieni, sillä kalium ehkäisee kalsiumin ja magnesiumin imeytymistä. Magnesiumin puutos voi aiheuttaa eläimellä laidunhalvausta ja kalsiuminpuutos poikimahalvausta. Kalkituksen tuoma merkitsevä ekvivalenttiarvon aleneminen onkin eläinten ruokinnan kannalta oleellinen todennäköisesti silloin, kun kaliumia on maaperässä runsaasti ja ekvivalenttiarvot yleensä korkeat.

Mikroravinteiden sinkin ja mangaanin pitoisuuksien laskeminen tulee huomioida kivennäisruokinnassa

Kalkituksen tiedetään vähentävän maan liukoisen sinkin ja mangaanin pitoisuuksia ja vaikuttavan siten viljelykasvin vastaaviin pitoisuuksiin (Kurki 1974, Yli-Halla 1997, 1998). Myös tässä kokeessa kalkitus johti rehun mangaani- ja sinkkipitoisuuksien selkeään alenemiseen. Maaperästä mangaanin tai sinkin pitoisuuksia ei koejaksolla analysoitu. Nurmirehun sinkkipitoisuudet olivat kaikilla koejäsenillä rehutaulukoiden (MTT 2014) ilmoittamia nurmen keskimääräisiä pitoisuuksia (28–31 mg/kg ka) pienemmät ja olivat kalkitussa nurmessa jopa alle nurmiheinien normaaliin kasvuun riittävää pitoisuutta (20 mg/kg ka) alempia. Kokeen kasvustossa ei kuitenkaan havaittu sinkin puutosoireita tai kasvun heikkenemistä kalkituilla ruuduilla. Sinkkipitoisuudet olivat koevuosina huomattavan matalat myös useilla tutkimusaseman nurmikokeilla todennäköisesti luontaisesti alhaisen sinkkipitoisuuden ja maan hyvän pH-tilanteen vuoksi. Mangaanipitoisuudet olivat ei-kalkitulla nurmella hyvin samansuuruisia kuin rehutaulukoissa ilmoitetut keskimääräiset pitoisuudet, mutta kalkitun nurmen arvot olivat selvästi taulukkoarvoja matalampia. Todennäköisesti nurmi ei ole kärsinyt kuitenkaan mangaanin puutteesta, jolloin pitoisuuksien tulisi laskea alle 20 mg /kg ka.

Parantuneella fosforitaloudella keskeinen rooli eläinten ruokinnassa, nurmen viljelyssä ja viljelyn ympäristövaikutusten hallinnassa

Aiemmin on raportoitu kalkituksen johtaneen rehun suurempaan fosforin hyödyntämiseen (Saarela 2007). Päinvastaisia tuloksia saatiin MTT Ruukin multamaan kalkituskokeessa vuosina 2005–2008 (Suomela ym. 2010). Tässä kokeessa kalkitseminen johti väkilannoitetulla nurmella rehun fosforipitoisuuden hienoiseen nousemiseen molemmilla lannoitustasoilla. Karjanlantajäsenillä kalkitus nosti rehun fosforipitoisuutta merkitsevästi vain alemmalla typen lannoitustasolla. Nurmen fosforipitoisuudet olivat tässä kokeessa jatkuvasti matalampia kuin rehutaulukon ilmoittamat pitoisuudet (noin 3,0 g/kg ka). Fosforin sitoutumisella nurmirehuun (tai pidättymisellä maahan) on keskeinen merkitys maatalouden ympäristökuormituksen hallitsemisessa korkean fosforiluokan mailla, mutta myös nautakarjataloudessa missä nurmirehun fosforia tarvitaan eläinten kasvuun ja kehitykseen sekä lopputuotteisiin lihaksi ja maidoksi.

Typpilannoitustason nostaminen matalasta suositusten mukaiseksi nosti kokeessa kuiva-ainesatoa ja rehun valkuaispitoisuutta, mutta vaikutti myös rehun kivennäiskoostumukseen. Lisätyppilannoitus nosti nurmirehun kalsium-, magnesium- ja sinkkipitoisuuksia, mutta laski fosfori- ja kaliumpitoisuuksia sekä ekvivalenttiarvoa alennettuun typen lannoitustasoon verrattuna. Ravinnesadot (satoon sitoutuneiden ravinteiden kokonaismäärät kg/ha) olivat kuitenkin suositusten mukaisella typpilannoituksella yleensä alennettua typpitasoa suuremmat. Kalsiumpitoisuuden nousuun ei löytynyt selitystä lannoittamisesta, sillä typen lisälannoitus tehtiin suomensalpietarilla, joka ei sisällä lainkaan kalsiumia. Sen sijaan osa magnesiumpitoisuuden noususta saattoi johtua väkilannoitteen sisältämästä magnesiumista. Sinkkipitoisuuden nousuun vaikutti todennäköisesti typpilannoitteen maata happamoittava vaikutus, sillä sinkin liukoisuus kasvaa happamuuden lisääntyessä (Kurki 1974).

Taulukko 16. Väkilannoitetun nurmen painotetut kivennäispitoisuudet vuonna 2013.

Koejäsenet			Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV	
			g /kg ka			mg /kg ka			K / (Ca+Mg)	
Kalkitus	VL	Alenn	4,8	2,7	21	1,3	37	14	1,5	
Ei kalkkia	VL	Alenn	3,8	2,5	22	1,0	63	17	2,0	
			1,0	0,2	-0,9	0,3	-26	-3	-0,5	
Kalkitus	VL	Suositus	5,2	2,5	19	1,6	37	17	1,3	
Ei kalkkia	VL	Suositus	4,3	2,4	20	1,2	62	20	1,6	
			0,9	0,1	-0,4	0,4	-25	-3	-0,3	
			SEM	0,28	0,03	0,43	0,03	1,36	0,73	0,05
Kalkitus /ei	P-arvo		0.0220	0.0026	0.2252	<0.0001	<0.0001	0.0123	0.0087	
Lann.taso	P-arvo		0.0115	0.0215	0.0034	<0.0001	0.6444	<0.0001	0.0010	
Kalkitus*lann.taso	P-arvo		0.6887	0.3243	0.4953	0.3204	0.6568	0.5321	0.1554	

Taulukko 17. Karjanlantajäsenten nurmen painotetut kivennäispitoisuudet vuonna 2013.

			Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV	
			g /kg ka			Mg /kg ka			K / (Ca+Mg)	
Kalkitus	KL	Alenn	4,3	2,7	18	1,5	33	17	1,4	
Ei kalkkia	KL	Alenn	4,0	2,6	19	1,3	55	19	1,6	
			0,3	0,1	-1	0,2	-22	-2	-0,2	
Kalkitus	KL	Norm	4,8	2,6	18	1,6	31	18	1,2	
Ei kalkkia	KL	Norm	4,4	2,6	17	1,5	53	21	1,3	
			0,4	0,0	0	0,2	-22	-3	-0,1	
			SEM	0,1614	0,072	0,8438	0,0202	1,968	0,3231	0,06
Kalkitus /ei	P-arvo		0.0131	0.2318	0.6470	<0.0001	0.0025	0.0104	0.0039	
Lann.taso	P-arvo		0.0080	0.0867	0.0018	0.0003	0.2095	0.0130	<0.0001	
Kalkitus*lann.taso	P-arvo		0.6544	0.0353	0.0652	0.5149	0.9270	0.2915	0.2497	
Reservikalium	P-arvo		0.0254	0.6456	0.0262	0.1848	0.2660	0.0152	0.0555	

Taulukko 18. Väkilannoitetun nurmen painotetut kivennäispitoisuudet vuonna 2014.

			Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
			g /kg ka			mg/kg ka			K /(Ca+Mg)
Kalkitus	VL	Alenn	4,6	2,8	17	1,6	42	17	1,2
Ei kalkkia	VL	Alenn	3,9	2,7	18	1,2	72	20	1,6
			0,6	0,2	-0,4	0,4	-30	-2,7	-0,4
Kalkitus	VL	Suositus	4,8	2,5	14	1,9	40	18	0,9
Ei kalkkia	VL	Suositus	4,2	2,5	15	1,4	70	23	1,3
			0,6	0,0	-0,6	0,5	-30	-4,9	-0,3
Sem			0,1237	0,04	0,77	0,1	2,84	0,74	0,07
Kalkitus /ei		P-arvo	<0.0001	0.0304	0.3531	0.0046	0.0003	0.0010	0.0040
Lann.taso		P-arvo	0.0111	<0.0001	0.0008	0.0002	0.5942	0.0397	0.0002
Kalkitus*lann.taso		P-arvo	0.9272	0.0073	0.7594	0.0417	0.9760	0.0700	0.3360

Taulukko 19. Karjanlantajäsenten nurmen painotetut kivennäispitoisuudet vuonna 2014.

			Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
			g /kg ka			mg /kg ka			K /(Ca+Mg)
kalkitus	KL	Alenn	3,8	2,7	18	1,5	30	18	1,3
ei kalkkia	KL	Alenn	3,6	2,6	19	1,3	57	21	1,6
			0,2	0,1	-1	0,2	-27	-3	-0,3
kalkitus	KL	Suositus	4,1	2,5	17	1,6	31	19	1,2
ei kalkkia	KL	Suositus	3,9	2,5	17	1,4	56	23	1,3
			0,2	0,1	0	0,2	-25	-5	-0,1
Sem			0,14	0,04	0,43	0,06	1,64	0,76	0,11
Kalkitus /ei		P-arvo	0.2378	0.0856	0.4616	0.0839	<0.0001	0.0012	0.0145
Lann.taso		P-arvo	0.0153	0.0068	0.0001	0.0227	0.7885	0.0942	0.0026
Kalkitus*lann.taso		P-arvo	0.9318	0.6770	0.1259	0.7766	0.5637	0.1700	0.0452
Reservikalium		P-arvo	0.3622	0.1952	0.2072	0.0829	0.5401	0.5585	0.2541

3.7 Kalkitus lisäsi ravinteiden hyödyntämistä

Kalkitus lisäsi ravinteiden hyödyntämistä koevuosina keskimäärin, mikä näkyy lasketuissa nurmen ravinnesadoissa (Taulukot 20 ja 21). Väkilannoitetulla nurmella saatiin luotettavat sato- ja sadonlaatutulokset molemmilta koejaksoilta, jolloin niistä on pystytty tekemään yhteenveto kaikilta nurmivuosilta. Karjanlantatuloksista ei tehty vielä vuosia ylittävää tarkastelua.

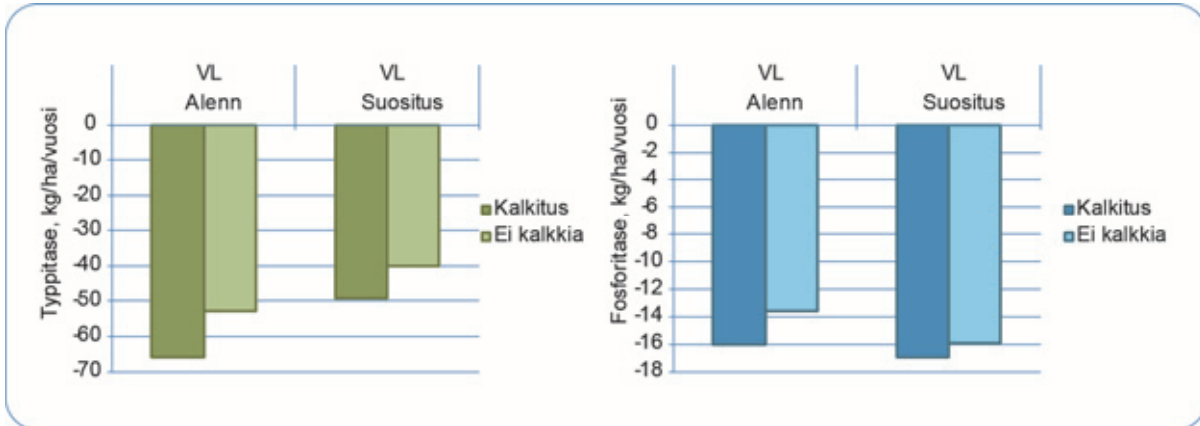
3.7.1 Kalkitus paransi typen, fosforin, kalsiumin ja magnesiumin hyödyntämistä

Kalkitus lisäsi tilastollisesti merkitsevästi ja selvästi nurmivuosien 2010, 2011, 2013 ja 2014 vuosittaista kuiva-ainesatoa sekä typpi-, fosfori-, kalsium- ja magnesiumsatoja sekä alensi erittäin negatiivisia typpi- ja fosforitaseita väkilannoitetulla nurmella (Taulukko 20, Kuvat 15 ja 16). Kalkitus lisäsi myös merkitsevästi nurmivuosien kumulatiivista fosforin, kalsiumin ja magnesiumin ottoa (Taulukko 21). Vertailtavista ravinteista ainoastaan kalium osoittautui olevan riippumaton kalkituksen vaikutuksista.

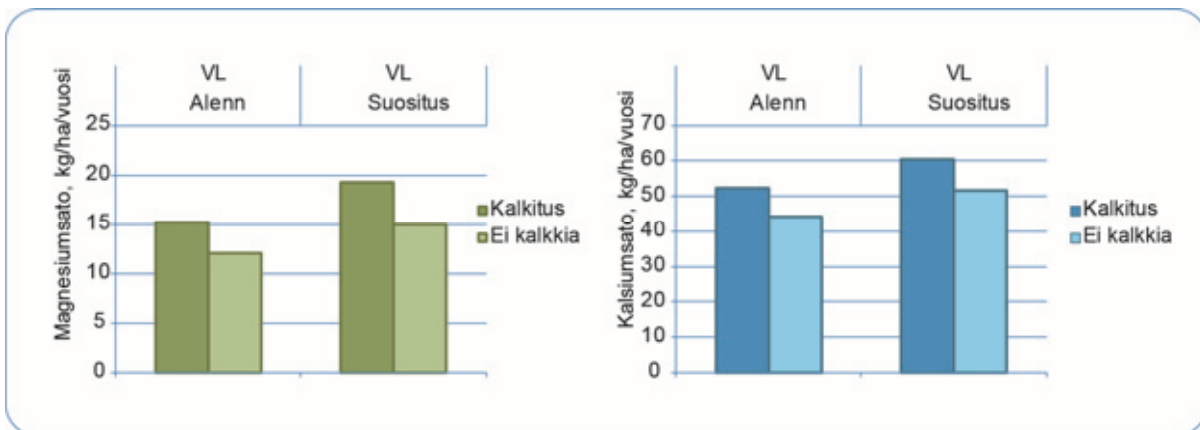
Vuosittaisissa tuloksissa 2013 ja 2014 ravinteiden otto ja ravinnetaseet olivat yleensä samantyyppiset kuin vuosien ylitse tehtävässä tarkastelussa (Taulukot 22–25). Suositusten mukaisesti typpilannoitettu

karjanlantajäsen erottui vuonna 2014 typpitaseen suhteen kaikista aiemmista tasetuloksista. Kalkitus nurmen typpitasetulos oli 22 kg pienempi kuin ei-kalkitun. Kyseisen koejäsenen hieman huonommat sätotulokset ja alentunut valkuaispitoisuus vaikuttivat yhdessä taseeseen. Syytä nurmen huonommille valkuaisatuloksille ei saatu selville, mutta taustalla saattoi olla kesällä 2014 kasvustossa runsaina esiintyneet kasvitaudit.

Kalkituksen aiheuttama tehokkaampi ravinteiden hyödyntäminen lisäsi lannoittamisen kannattavuutta. Suuret sätotulokset, erittäin negatiiviset ravinnetasetulokset sekä rehun laatutulokset eivät johtaneet suosittelemaan ainakaan lannoittamisen vähentämistä, vaikka kalkitus ravinteiden hyödyntämistä lisäsi.



Kuva 15. Nurmen typpi- ja fosforitase kg/ha/nurmivuosi. Kalkitus lisäsi kyseisten ravinteiden hyödyntämistä kaikkina koevuosina.



Kuva 16. Nurmen magnesium- ja kalsiumsadot kg/ha/nurmivuosi. Kalkitus lisäsi kyseisten ravinteiden hyödyntämistä kaikkina koevuosina.

3.7.2 Kalkki keskeinen kalsium- ja magnesiumlähteenä - karjanlannan rooli epäselkeä

Kalsiumin ja magnesiumin taseita ei tähän raportointiin ehditty laskea, mutta väkilannoitekoejäsenen magnesiumlannoitus oli vuosittain vain 5,5 kg/ha (alennettu typpitaso) tai 8,5 kg/ha (suositusten mukainen typpitaso). Tällöin magnesiumin keskimääräiset taseet väkilannoitetulla nurmella olivat noin -10 kg/ha. Väkilannoitteet eivät sisältäneet kalsiumia lainkaan, eli kaikki väkilannoitetun nurmen kalsiumista on peräisin maaperästä (tase noin -50 kg/ha).

Karjanlannassa nurmelle tulleet kokonaiskalsiumin ja -magnesiumin määrät vaihtelivat vuosittain lannan ravinnepitoisuuksien mukaan, mutta ne olivat suuremmat kuin väkilannoitejäsenillä. Naudan lietalannan sisältämien kalsiumin ja magnesiumin käyttökelpoisuudesta kasveille ei kuitenkaan ole laajaa tietoa. Kalsiumin kokonaismäärät olivat noin 32 (vuosi 2013) ja noin 23 (vuosi 2014) kg Ca/ha ja karjanlannan sisältämät kokonaimagnesiumin määrät vastaavasti 12 ja 10 kg Mg/ha. Karjanlantajäsenet saivat magnesiumia lisäksi väkilannoitteista vuosittain noin 4 kg/ha (alennettu typpilannoitus) tai noin 7 kg/ha (suositusten mukainen typpilannoitus).

Karjanlannan käyttäminen ei keskimäärin lisännyt kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksia rehussa tai kyseisistä ravinteista laskettuja ravinnesatoja väkilannoitettuun nurmeen verrattuna. Karjanlannan kalsi-

um ja magnesium voivat kuitenkin jossain määrin olla kasvien käytettävissä kasvukauden aikana. Maaperän magnesiumpitoisuuden ja kuiva-ainesadon yhteys oli heikompi karjanlantakokeessa kuin väkilannoituskokeessa, mikä voi viitata nurmen hyödyntäneen ainakin hieman karjanlannasta vapautuvaa magnesiumia. Karjanlannan ravinteilla voi tietysti myös olla suurempi vaikutus pitkän aikavälin tarkastelussa tai äärimmäisessä ravinteiden puutteessa (raiviopellot).

Ravinteiden hyödyntämisen tulokset korostavat kalkituksen merkitystä maaperän kalsium- ja magnesiumravinteiden lähteinä. Tehokkaan nurmituotannon kalsiumin- tai magnesiuminottoa ei peruslannoituksella tai karjanlannan ravinteilla pysty turvaamaan mikäli niistä on maaperässä puutetta. Kalsiuminotto kalkituskokeen nurmivuosina oli keskimäärin 44–61 kg/ha vuodessa ja magnesiuminotto keskimäärin 12–19 kg/ha vuodessa.

3.7.3 Nurmella erittäin negatiiviset ravinnetaseet koekäsittelyistä riippumatta

Samoin kuin useissa aiemmissa MTT Ruukin nurmikokeissa 2000-luvulla, myös tässä kokeessa nurmen ravinnetaseet olivat voimakkaasta lannoituksesta huolimatta huomattavan negatiiviset. Typpilannoitustason nostaminen ei ratkaisevasti alentanut erittäin negatiivisia typpitaseita, mutta nosti kuitenkin rehun valkuaispitoisuutta. Koejakson 2010–2014 nurmivuosina suositusten mukaisen typpilannoituksen typpitase oli keskimäärin -45 kg N/ha/vuosi ja neljänä vuonna yhteensä noin -180 kg N/ha. Alennetulla typpilannoitustasolla typpitaseet olivat vastaavasti keskimäärin -60 kg N/ha vuodessa ja neljänä vuonna yhteensä noin -240 kg N/ha. Nurmen fosforinotto oli myös runsasta, molemmilla typpilannoitustasoilla noin 30–33 kg/ha vuodessa, ja taseet olivat vastaavasti vuosittain noin -16 kg P/ha ja koejakson nurmivuosina yhteensä noin -63 kg P/ha. Kaliumin vuositaseet olivat lähes -100 kg/ha ja nurmivuosien kumulatiivinen tase oli siten noin -400 kg K/ha.

Viljavuustutkimustulosten mukaan eri ravinnepitoisuudet maassa alenivat koejakson alusta keskimäärin kaikilla koejäsenillä, vaikka kalkitus saattoi nostaa jonkin ravinteen tasoa kalkitusvuonna tai sitä seuraavana vuonna. Suositusten mukaan lannoitetun nurmen tasetulosten perusteella voidaan arvioida nurmen lannoituksen olevan epäkestävällä pohjalla nykyisillä lannoitussuosituksilla silloin, kun nurmesta odotetaan vuosittain noin 10 tonnin kuiva-ainesatoa hehtaarilta, etenkin käytännön tilanteissa, joissa maasta vapautuvan typen määrä on rajallinen.

Kokeen erittäin negatiivisiin typpitaseita voi selittää pohjamaan sulfaattimaan typpivarat, sillä koealueen eloperäisestä aineksestä (orgaanisen aineksen pitoisuus/hehikutushäviö keskimäärin 8,8 %) tuskin on vapautunut vuosittain edellä mainitun kaltaisia typpimääriä. Sulfaattimaapohja ei kuitenkaan läheskään aina ilmennä yhtä suurta typenvapautumisen etua, sillä MTT Ruukissa toisilla täysin samalla tavalla ja samanaikaisesti hoidetuilla nurmikokeilla sulfaattimaapelloilla taseet olivat huomattavasti vähemmän negatiiviset tai typenotto oli usein tarkalleen sama kuin lannoitteessa annettu typenmäärä oli ollut (Suomela ym. 2013, Suomela ym. 2014 julkaisematon). Näissä muissa kokeissa nurmen negatiivinen typpitase perustuu todennäköisesti siis vain orgaanisesta aineksestä vuosittain vapautuvaan tyyppiin.

Taulukko 20. Väkilannoitetun nurmen vuosien 2010, 2011, 2013 ja 2014 sato- ja ravinnesatoestimaatit (kg/ha) (SAS MIXED-proseduuri).

Pääkasittely	Lannoitus	Lannoitustaso	Sato	Poistuma kg/ha					Tase kg/ha				
				N-sato	P-sato	K-sato	Ca-sato	Mg-sato	N	P	K		
Kalkitus	VL	Alennettu	11 041	204	32	259	52	15	-66	-16	-97		
Ei kalkkia	VL	Alennettu	10 614	191	30	259	44	12	-53	-14	-97		
Kalkitus	VL	Suositus	11 776	255	33	261	61	19	-49	-17	-99		
Ei kalkkia	VL	Suositus	11 621	246	32	265	52	15	-40	-16	-103		
Tilastollinen merkitsevyys			155	9	1	-4	9	4	-9	-1,0	4		
		SEM	104	3,19	0,49	5,90	1,47	0,54	3,19	0,49	5,90		
Kalkitus		p-arvo	0,0499	0,0163	0,0095	0,7905	<0,0001	<0,0001	0,0163	0,0095	0,7905		
Lannoitustaso		p-arvo	<0,0001	<0,0001	0,0020	0,4595	<0,0001	0,0001	0,0089	0,0020	0,4595		
Kalkitus* lannoitustaso		p-arvo	0,1488	0,5952	0,0860	0,7183	0,4450	0,2622	0,5952	0,0860	0,7183		
Vuosi		p-arvo	0,0001	<0,0001	0,3858	<0,0001	0,0454	<0,0001	<0,0001	0,6529	<0,0001		

Taulukko 21. Väkilannoitetun nurmen vuosien 2010, 2011, 2013 ja 2014 kumulatiiviset sato- ja ravinnesatoestimaatit (SAS MIXED-proseduuri).

Pääkasittely	Lannoitus	Lannoitustaso	SATO	Poistuma kg/ha					Tase kg/ha				
				N-sato	P-sato	K-sato	Ca-sato	Mg-sato	N-tase	P-tase	K-tase		
Kalkitus	VL	Alennettu	44 168	816	128	1 032	209	61	-264	-64	-383		
Ei kalkkia	VL	Alennettu	42 460	764	118	1 034	177	49	-212	-54	-385		
Kalkitus	VL	Suositus	47 111	1019	132	1 040	242	78	-197	-68	-391		
Ei kalkkia	VL	Suositus	46 486	984	128	1 057	206	60	-161	-64	-408		
Tilastollinen merkitsevyys			625	35	4	-17	36	17	-36	-4	17		
		SEM	364	15,01	1,70	14,53	6,06	2,25	15,01	1,7	14,53		
Kalkitus		p-arvo	0,0639	0,0852	0,0011	0,6570	0,0037	0,0033	0,0852	0,0011	0,6570		
Lannoitustaso		p-arvo	<0,0001	<0,0001	0,0015	0,4691	<0,0001	<0,0001	0,0012	0,0015	0,4691		
Kalkitus* lannoitustaso		p-arvo	0,1495	0,4567	0,0783	0,7249	0,3819	0,0205	0,4567	0,0783	0,7249		

Taulukko 22. Väkilannoitetun nurmen vuoden 2013 sato- ja ravinnesatoestimaatit kg/ha (SAS MIXED-proseduuri).

Pääkäsitely	Lannoitus	Lannoitustaso	pH vaihtelu	Sato	ME-sato	N-sato	P-sato	K-sato	Ca-sato	Mg-sato
				kg ka/ha	GJ/ha			kg/ha		
Kalkitus	VL	Alennettu	6,1–6,6	11509	126	222	31	238	55	15
Ei kalkkia	VL	Alennettu	5,6–5,7	10799	117	199	27	232	41	10
				710	9	23	4	6	13	4
Kalkitus	VL	Suositus	5,9–6,6	12459	137	283	32	241	65	20
Ei kalkkia	VL	Suositus	5,5–5,9	12792	140	278	31	253	57	15
				-333	-3	6	0	-12	9	5
Tilastollinen merkitsevyys										
		SEM		245	2,70	3,77	0,68	3,59	2,10	0,55
Kalkitus		p-arvo		0,4712	0,3084	0,0350	0,0089	0,5410	0,0002	0,0013
Lannoitustaso		p-arvo		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0013	0,0430	<0,0001	0,0002
Kalkitus* lannoitustaso		p-arvo		0,0479	0,0483	0,1014	0,0218	0,1107	0,2390	0,8251

Taulukko 23. Karjanlantakokeen vuoden 2013 sato- ja ravinnesatoestimaatit kg/ha (SAS MIXED-proseduuri).

Pääkäsitely	Lannoitus	Lannoitustaso	pH vaihtelu	SATO	ME-sato	N-sato	P-sato	K-sato	Ca-sato	Mg-sato
				kg ka/ha	GJ/ha			kg/ha		
Kalkitus	KL	Alennettu	6,1–6,7	11567	127	228	31	209	50	17
Ei kalkkia	KL	Alennettu	5,8–5,9	11282	122	217	29	208	45	14
				285	5	11	2	1	6	3
Kalkitus	KL	Suositus	6,1–6,7	11999	132	268	31	210	58	20
Ei kalkkia	KL	Suositus	5,5–5,9	12241	134	269	31	208	54	18
				-242	-2	0	0	1	4	2
Tilastollinen merkitsevyys										
		SEM		247	1,93	3,21	0,27	2,78	1,34	0,46
Kalkitus		p-arvo		0,9377	0,5820	0,2108	0,1423	0,7942	0,0031	0,0003
Lannoitustaso		p-arvo		0,0653	0,0380	<0,0001	0,0437	0,9596	<0,0001	<0,0001
Kalkitus* lannoitustaso		p-arvo		0,2226	0,2084	0,0670	0,0496	0,9264	0,4490	0,0118
Reservikalium		p-arvo		0,1165	0,1840	0,1625	0,0421	0,3965	0,0006	0,2933

Taulukko 24. Väkilannoitetun nurmen vuoden 2014 sato- ja ravinnesatoestimaatit kg/ha (SAS MIXED-proseduuri).

Pääkäsitely	Lannoitus	Lannoitustaso	pH vaihtelu	Sato kg ka/ha	ME-sato GJ/ha	N-sato	P-sato	K-sato kg/ha	Ca-sato	Mg-sato
Kalkitus	VL	Alennettu	5,9–6,8	11794	128	242	33	205	54	19
Ei kalkkia	VL	Alennettu	5,4–5,9	11358	123	229	30	201	45	14
				436	5,6	13	3	4	9	5
Kalkitus	VL	Suositus	6,1–6,6	12049	132	288	30	173	58	22
Ei kalkkia	VL	Suositus	5,3–5,5	11619	126	276	29	175	49	16
				430	5,9	11	1	-2	9	6
Tilastollinen merkitsevyys										
		SEM		148	1,57	4,73	0,47	9,58	1,67	1,24
Kalkitus		p-arvo		0,0609	0,0240	0,0975	0,0271	0,8820	0,0028	0,0117
Lannoitustaso		p-arvo		0,2420	0,1715	<0,0001	0,0100	0,0036	0,0236	0,0012
Kalkitus×lannoitustaso		p-arvo		0,9868	0,9604	0,9249	0,1078	0,6625	0,9969	0,1256

Taulukko 25. Karjanlantaokkeen vuoden 2014 sato- ja ravinnesatoestimaatit kg/ha (SAS MIXED-proseduuri).

Pääkäsitely	Lannoitus	Lannoitustaso	pH vaihtelu	Sato kg ka/ha	Me-sato GJ/ha	N-sato	P-sato	K-sato kg/ha	Ca-sato	Mg-sato
Kalkitus	KL	Alennettu	6,0–6,3	11344	124	216	31	205	43	17
Ei kalkkia	KL	Alennettu	5,7–5,9	11062	120	216	29	208	39	14
				282	4	0	2	-3	4	2
Kalkitus	KL	Suositus	6,1–6,5	12369	134	267	31	211	50	19
Ei kalkkia	KL	Suositus	5,5–5,7	12624	136	289	31	213	48	17
				-255	-2	-22	0	-2	2	2
Tilastollinen merkitsevyys										
		SEM		248	3,01	5,33	0,58	5,50	0,96	0,67
Kalkitus		p-arvo		0,9702	0,8529	0,0980	0,2020	0,7452	0,0846	0,0571
Lannoitustaso		p-arvo		0,0124	0,0157	<0,0001	0,0562	0,2458	<0,0001	0,0025
Kalkitus×lannoitustaso		p-arvo		0,4214	0,4178	0,0567	0,2077	0,9311	0,1907	0,6053
Reservikalium		p-arvo		0,3922	0,4098	0,9252	0,0389	0,1966	0,0178	0,2015

3.8 Kalkituksella edullinen vaikutus nurmituotannon talouteen

Tässä kokeessa, samoin kuin aiemmassa nurmen kalkituskokeessa (Suomela ja Joki-Tokola 2010), kalkituksen satohyöty oli vähäinen, mutta rehun laatutulokset ja ravinteiden tehokkaampi hyödyntäminen lisäsivät kalkituksen todennäköistä kannattavuutta. Koska kalkituksen vaikutukset maaperään ja nurmitalouteen ovat hyvin monimuotoisia, ei kannattavuutta tässä raportissa yritetty laskea kattavasti. Kalkituksen vuosikustannus on yleensä erittäin pieni (5 tn/ha 5–6 vuoden välein = 45–50 €/ha/v), joten se saadaan erittäin todennäköisesti katettua helposti ja nopeasti parantuneilla sadon määrä- ja laatutuloksilla.

3.8.1 D-arvon nousulla talousvaikutus jo keskikokoisella karjatilalla

Teoreettisella 50 lypsylehmän tilan tuotantokustannus- ja maitotulon laskennalla, jota on aiemmin käytetty vertailemaan eri lannoitusmenetelmien taloudellista eroa (Suomela ym. 2013) saatiin kalkitukselle yleensä positiivinen taloudellinen tulos (Liitteet 16–18). Laskelmassa hyödynnettiin Valion ja Yara Suomen koordinoiman Tila-Artturi -hankkeen (www.artturi.fi) karjatiloilta laskettuja nurmen tuotantokustannuksia. Maidon hintana nyt raportoitavassa laskelmassa oli 0,46 €/l ja maidon tuotantotukena 0,08 €/l. Kokeen tuloksista huomioitiin vuoden 2014 eri koejäsenten rehun kuiva-ainesato (kalkituksella yleensä hieman suurempi kuin ei-kalkkia koejäsenillä) ja sadon painotettu D-arvo (kalkituksen tuoma etu keskimäärin 5 g/kg ka). Rehun laadun vaikutus säilörehun syöntiin ja maitotuotokseen laskettiin Artturi-palvelun (www.artturi.fi) ilmoittamilla laskelmilla, joiden mukaan D-arvon nousu 10 g/kg ka lisää syöntiä 0,175 kg ka vuorokaudessa ja lisääntyneen syönnin avulla nostaa maitotuotosta jopa 0,5 kg vuorokaudessa. Ruokinnan väkirehun määrä oletettiin vakioksi.

Tuotantokustannukset olivat laskennassa koejäsenillä muuten samat, mutta kalkitulle nurmelle lisättiin kalkituskustannus, joka magnesiumipitoisella kalkilla oli vuonna 2012 noin 230 €/ha, kun levitysmäärä oli noin 5 tn/ha ja rahtikustannus oli laskettu 100 km matkalle (Kalkkitaulukko 2012). Koejaksojen aikana kalkkia levitettiin yhteensä 10 tn/ha, jonka kustannus jyvitetiin kahdelle nurmikierrolle eli yhteensä 8 vuodelle kalkituskoejäsenille. Kalkituksen vuosikustannus oli laskelmassa tällöin noin 57 € vuodessa hehtaarille.

Laskennassa haluttiin siis erottaa vain kalkituksen tuoma lisäkustannus tai -hyöty tilan maitosäilörehukustannus -taseeseen vuoden periodissa, kun muut tuotantokustannukset olivat samat. Väkilannoitetun ja karjanlannalla lannoitetun nurmen tai lannoitustasojen keskinäistä taloudellista eroa ei yritetty laskea, koska tuotantokustannukset ovat todellisuudessa tilakohtaiset ja muodostuvat joka tapauksessa monen tekijän summana. Lisäksi tässä kokeessa typpilannoituksen tasolla ei ollut maasta vapautuvan runsaan typpimäärän takia niin suurta vaikutusta satotasoon, kuin tyypellä yleensä on eri tutkimuksissa ollut. Laskelma ei myöskään huomionnut kalkituksen ja typpilannoituksen valkuaispitoisuutta nostavaa vaikutusta, mikä vähentää ruokinnan väkirehun tarvetta. Karjanlannan käytön edullisuuteen vaikuttaa taas hyvinkin moni asia, kuten lohkojen sijainti ja lannan levitysstrategia, minkä vuoksi sen merkitystä ei yritetty erottaa väkilannoitetusta nurmesta.

Paras kalkituksen tuoma kate 50 lypsylehmän tilalle oli noin 2100 € vuodessa (Liite 18). Se saatiin väkilannoite-koejäsenellä, jolla oli suositusten mukainen typpilannoitus, sillä tällä koejäsenellä oli kalkituksen myötä pieni satomäärän nousu ja selkeä (noin 6 g kg/ka) D-arvon paraneminen. D-arvon vaikutus oli talouslaskennassa yleensä satoeroa suurempi, sillä satoerot olivat pienet eivätkä vaikuttaneet oleellisesti säilörehun kuiva-ainekilon tuotantokustannukseen. Edellä mainitulla katteella pystyisi esimerkiksi peruskalkitsemaan noin 9 ha peltoa lisää joka vuosi, tai se vastaisi (kyseisen uuden kalkituksen piiriin tulevalle peltoalalla) 36 hehtaarin kalkituksen vuosikustannusta.

Myös muissa lannoitusstrategioissa kalkitus lisäsi tuotannon katetta. ”Väkilannoitus alennetulla typpitasolla” -koejäsenen kate kalkituksen eduksi oli noin 1800 €. Karjanlantakokeen ”alennettu typpilannoitus” koejäsenen kalkituskate oli vastaavasti 1100 €. Koejäsenellä, joka lannoitettiin karjanlannalla ja suositusten mukaisella typpimäärällä, oli kalkituksen tuoma vuosikate tässä laskennassa tappiollinen, noin -800€. Tämä päätelmä oli todennäköisesti harhaanjohtava, koska kyseinen koejäsen sai kalkittuna hieman ei-kalkittua huonommat satotulokset nurmen tiheys- ja maan tiiviysongelman vuoksi, ja selittämättömästä syystä johtuen kalkitun koejäsenen sadon painotettu D-arvo oli vuonna 2014 muiden kalkitun nurmen tuloksia huonompi (vaikka edelleen ei-kalkittua hieman parempi).

3.8.2 Nurmikierron parantunut ravinnetalous kattaa osan kalkituskustannusta

Mikäli kalkituksen aiheuttama typpisadon lisääntyminen olisi raportoidun kokeen mukainen, eli nurmikierron (3–4 vuotta) aikana suositusten mukaisella typpilannoituksella noin 40 kg N/ha, ja typen arvo lannoitteessa nykyinen noin 1,2 €/kg, olisi kalkituksen tuoma lisätyppisadon etu 48 €/ha/nurmikierto. Saatu taloudellinen hyöty nurmikierron aikana kattaisi kalkituksen yhden vuoden kustannuksen. Kalkituksen myötä lisääntynyt fosforinotto voisi tuoda nurmikierrossa fosforin hinnalla 1,8 €/kg tuottoa noin 10 €/ha. Kun tarkastellaan vain typen ja fosforin hyödyntämistä, 5 tn/ha kalkituksen kulujen kattaminen suositusten mukaisella typpilannoituksella kestäisi 3–4 nurmikiertoa. Alennetulla lannoitustasolla (joka vastaa usein käytännön typpilannoitusmäärää) tämä tapahtuisi kuitenkin suositellun mukaista typpilannoitusta selvästi nopeammin. Ravinteiden hyödyntäminen ilmeni tässä kokeessa nurmen molemmilla typen lannoitustasoilla, eivätkä sadon määrä- ja valkuaispitoisuustulokset ohjanneet alentamaan nurmen lannoitamista kalkitukseenkaan avulla.

Kalkituksen etu kannattaa siis hyödyntää nurmisadon laatutulosten ja nautojen ruokinnan hallinnan kautta, josta ne tämän tutkimuksen mukaan saadaan katettua helposti. Sulavuuden ohella on myös rehun valkuaisarvojen parantumisella todennäköisesti suurempi taloudellinen merkitys kuin viljelyssä säästetyillä lannoitekiloilla, koska typpilannoittaminen on nurmituotannossa erittäin kannattavaa. Valkuaisarvojen paranemisesta saatavaa hyötyä on hieman hankala arvioida mm. koska a) valkuaispitoisuuden nousu kalkituksen myötä on maaperästä, vuodesta ja tilan tuotanto-olosuhteista riippuvainen, b) koska tilan valkuaisruokinnan tavoitteet ovat erilaiset ja c) säilörehun valkuaisen korvaamisen kannattavuus riippuu maatilalle koituvan väkirehutäydennyksen hinnasta.

3.8.3 Kalkituksen kokonaisvaikutukset tuotannon talouteen selvittämättä

Euromääräiset katteet kalkituksen eduksi olivat edellisissä laskelmissa suuntaa-antavia tarkkojen tuotantokustannusten ja tilatietojen puuttuessa, mutta ne olivat joka tapauksessa vertailukelpoiset ja ruokinnallisen laadun parantumisen ansiosta yleensä selvästi positiiviset. Kalkituksen tuomaa taloudellista hyötyä voivat vielä lisätä aiemmin jo mainitut rehun kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien paraneminen sekä valkuaisarvojen keskimääräinen nouseminen.

Kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien nouseminen rehussa sekä alentunut rehun ekvivalenttiarvo lisäävät eläinten hyvinvointia ja vähentävät todennäköisesti sekä kivennäisruokinnan tarvetta että eläinlääkintäkustannuksia. Myös alue- ja maaperäkohtaiset erot voivat muuttaa kalkituksen kannattavuutta huomattavasti. Olisi mielenkiintoista seurata rehun ekvivalenttiarvon muutosta kalkituksen myötä alueella, jossa maaperän kaliumpitoisuudet ovat korkeat tai hyvät ja rehun ekvivalenttiarvo siten luontaisesti korkea. Siikajoen maaperä on tunnetusti kaliumköyhää, jolloin kalkitus ei tuo selkeää etua rehun laatuun tässä suhteessa.

Joka tapauksessa kalkitseminen on tämän koesarjan perusteella edullinen tapa turvata rehun ruokinnallinen arvo ja kivennäispitoisuudet. Tämä etu korostunee niillä alueilla ja yksittäisillä maatiloilla, joilla oman rehuviljan tuottaminen on kallista tai ongelmallista.

3.9 Johtopäätökset

Kalkitus lisäsi koejakson 2009–2014 aikana hieman vuosittaista nurmen kuiva-ainesatoa väkilannoitetulla nurmella. Karjanlantakokeen satotuloksissa ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Kalkituksen selkeät edut nurmituotannossa tulevat kuitenkin todennäköisimmin nurmirehun koostumuksen kautta.

Kalkitus lisäsi nurmen sulavuutta, energia-arvoa, valkuaispitoisuutta ja vähensi kuitupitoisuutta. Magnesiumpitoisella kalkilla oli erittäin merkittävä vaikutus nurmen kivennäiskoostumukseen. Kalkitus lisäsi yleensä aina kalsiumin, magnesiumin ja fosforin pitoisuutta rehussa ja laski rehun ekvivalenttiarvoa. Kalkitus laski myös nurmirehun sinkki- ja mangaanipitoisuuksia. Kalkituksen edullinen vaikutus kivennäispitoisuuksiin voidaan todennäköisesti hyödyntää tarkentamalla kivennäisruokinnan määrää ja laatua säilörehun rehuanalyysin perusteella.

Kalkitus lisäsi yleensä erittäin selvästi ja tilastollisesti merkitsevästi nurmen ravinteiden hyödyntämistä. Kalkittu nurmi satoi kasvuunsa enemmän typpeä, fosforia, kalsiumia ja magnesiumia kuin ei-kalkittu nurmi. Kalkitus voi parhaimmillaan lisätä kotieläintilan valkuaisomavaraisuutta. Nurmikasvit ovat koko kasvukauden jatkuvalla kasvullaan tehokkaita maasta kalkituksen avulla mobilisoituvan typen ja muiden ravinteiden sitoja.

Nurmirehun paremman laadun taloudellista merkitystä nautakarjatilalla on vaikea laskea monien muuttujien vuoksi, mutta hyvälaatuisen säilörehun sekä lisääntyneen ravinteiden hyödyntämisen tuoma kate voi olla tuhansia euroja vuositason keskimääräisellä nautakarjatilalla. Erityisen suuren merkityksen kalkitus voisi antaa Pohjois-Suomessa, missä nautakarjaloudella on vahva asema ja missä säilörehun huonoa laatua ei aina voi kotovaraisella väkirehulla korvata.

Nurmen ravinnetaseet olivat tässäkin kokeessa niin negatiiviset ja rehun sisältämien typen, fosforin ja kivennäisten pitoisuudet niin lähellä matalaksi luokiteltavia arvoja, ettei lannoitustasoja voi suositella laskettavan kalkitullakaan nurmella. Suositusten mukaisella typpilannoitustasolla (200 tai 230 kg N vuodessa) nurmen vuosittaiset hehtaarikohtaiset ravinnesadot olivat keskimäärin 250 kg N, 33 kg P ja 263 kg K. Vuosittaiset ravinnetaseet olivat vastaavasti -45 kg N, -17 kg P ja -101 kg K hehtaarilta.

Karjanlantakokeesta ei tässä koesarjassa saatu vielä niin luotettavia tuloksia, että niistä voisi vetää luotettavia johtopäätöksiä. Alennetulla typpilannoitustasolla sekä sato- että rehun laatutulokset olivat hyvin yhtenevät väkilannoitekokeen kanssa. Kun typpilannoitus oli suositusten mukainen, kärsi karjanlantakoe perustamisvuonna 2012 erittäin suuresti suojaviljan lakoamisesta ja koekäsittelyistä riippumattomasta maan tiivistymisestä, mitkä seikat vaikuttivat nurmen tiheyteen ratkaisevasti ja laskivat koejäsenen sato-tuloksia ja mahdollisesti ravinteiden hyödyntämistä. Karjanlantakokeesta tarvitaankin pidemmän ajan seurantaa luotettavien johtopäätösten tekemiseksi.

3.10 Kirjallisuus

- Acharya K., Dutta A. K. & Pradhan P. 2011. Bipolaris sorokiniana (Sacc.) Shoem.: The most destructive wheat fungal pathogen in the warmer areas. *Australian Journal of Crop Science* 5:1064–1071.
- Jaakkola A., Ettala E., Hakkola H., Heikkilä R. & Vuorinen M. 1985. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. Maatalouden tutkimuskeskus. *Tiedote* 11/85. 37 s.
- Kalkkitaulukko 2012. Käytännön Maamies. [viitattu 19.11.2014]. Saatavilla internetistä: <http://kaytannonmaamiesfi.virtualserver27.hosting.fi/wp-content/uploads/2013/12/nopeavaikutteen_2012.pdf>
- Kauppila R. 2009. Kartoita kasvien rikin saanti. *Leipä Leveämmäksi* 3/2009: 40–41.
- Kurki M. 1974. Suomen viljelysmaiden sinkkipitoisuudesta. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 46: 208–214.
- MTT 2014. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. MTT, Jokioinen. [viitattu 17.11.2014]. Saatavilla internetistä: <<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>>
- Mustonen A., Virkajärvi P., Hyrkäs M., Suomela R. & Kauppila R. 2013. Seitsemän lihavaa vuotta – vieläkö nurmen fosforilannoituksesta voidaan tinkiä? Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2014 (verkkojulkaisu). Toim. Hakojärvi, M. & Schulman, N. Suomen maataloustieteellisen Seuran tiedotteita nro 30. Julkaistu 9.1.2014.
- Myyrä S., Ketoja E. & Yli-Halla M. 2003. Pellon hallintaoikeuden yhteys maanparannuksiin – esimerkkinä kalkitus ja fosforilannoitus. MTT:n selvityksiä 37: 51 s. + 4 liitettä.
- Myyrä S. 2004: Maanparannuskalkin käyttö on vähentynyt. *Koetoiminta ja käytäntö* 61 (4/2004) (13.12.2004): 11.
- Mäkelä-Kurtto R., Sippola J. & Grék K. 2002. Peltomaiden viljavuus ja helppoliukoiset raskasmetallit. Teoksessa: Tutkittu maa - turvalliset elintarvikkeet. Viljavuustutkimus 50 vuotta -juhlaseminaari, Jokioinen 24.9.2002. Toim. Uusitalo, R. & Salo, R. Maa- ja elintarviketalous 13: 30–46.
- Nykänen A. 1998. Kalkituksen vaikutus maan vaihtuvan kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksiin. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. *Sarja A* 31. 19 s. + 1 liite.
- Saarela I., Hakkola H., Linnomäki H. & Köylijärvi J. 1981. Nurmen pintakalkitus, sadetus, typpi- ja kaliumlannoitus. Monitekijäkokeiden tuloksia. Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fyysiikan laitos. *Tiedote* nro 15. 18 s.
- Saarela I., Kakkonen K. & Salo Y. 2000. Savimaan fosforin saatavuuden parantaminen runsaalla kalkituksella sekä ruokamullan ja fosforin syvämultauksella. MTT:n julkaisuja, *Sarja A* 87. 51 s. + 8 liitettä
- Saarela I. 2007. Maan fosforireservit käyttöön. *Maaseudun Tiede* 64: 1/2007 (18.6.2007): 13.

- Salonen M. & Honkavaara T. 1970. Karjanlannan ja väkilannoitteiden vaikutuksen vertailua II. Erilaiset lannoitukset ja kalkitus. *Annales Agriculturae Fenniae* 9: 336–342.
- Suomela R. & Joki-Tokola E. 2010. Nurmen kalkitseminen – tuttu juttuko? Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2010 (verkkojulkaisu). Toim. Hopponen, A. Suomen maataloustieteellisen Seuran tiedotteita nro 26. Julkaistu 11.1.2010.
- Suomela R., Toivakka M., Luoma S. & Kauppila R. 2014. Korjuurytmyksen ja lannoituskäytännön vaikutus säilörehunurmen satopotentiaaliin ja ravinnetaseisiin Pohjois-Suomessa. Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2014 (verkkojulkaisu). Toim. Hakojärvi, M. & Schulman, N. Suomen maataloustieteellisen Seuran tiedotteita nro 30. Julkaistu 9.1.2014.
- Tike 2012. Maatilatilastollinen vuosikirja 2012.
- Yli-Halla M. 1997. Sinkki käyttökelpoisinta happamassa maassa. *Leipä leveämmäksi* 2/1997: 12–13.
- Yli-Halla M. 1998. Mangaani, hapen tuottaja ja metalliseosten aineosa. *Leipä leveämmäksi* 1/1998: 32–33.

LIITTEET

LIITE 1.

Nurmen kalkituskokeen 2009–2014 koekartta. Osaruudet ”karjanlanta” ja ”väkilannoite” testattiin erillisinä aineistoina.

8m			
SR			
Kalkitus	VL + KL	Alenn	1
Kalkitus	VL + KL	Suositus	2
Kalkitus	VL	Suositus	3
Kalkitus	VL	Alenn	4
Ei kalkkia	VL	Alenn	5
Ei kalkkia	VL	Suositus	6
Ei kalkkia	VL + KL	Alenn	7
Ei kalkkia	VL + KL	Suositus	8
Kalkitus	VL + KL	Alenn	9
Kalkitus	VL + KL	Suositus	10
Kalkitus	VL	Alenn	11
Kalkitus	VL	Suositus	12
Ei kalkkia	VL + KL	Suositus	13
Ei kalkkia	VL + KL	Alenn	14
Ei kalkkia	VL	Suositus	15
Ei kalkkia	VL	Alenn	16
ei kalkkia	VL	Alenn	17
ei kalkkia	VL	Suositus	18
ei kalkkia	VL + KL	Suositus	19
ei kalkkia	VL + KL	Alenn	20
kalkitus	VL + KL	Alenn	21
kalkitus	VL + KL	Suositus	22
kalkitus	VL	Suositus	23
kalkitus	VL	Alenn	24
ei kalkkia	VL + KL	Alenn	25
ei kalkkia	VL + KL	Suositus	26
ei kalkkia	VL	Suositus	27
ei kalkkia	VL	Alenn	28
kalkitus	VL	Alenn	29
kalkitus	VL	Suositus	30
kalkitus	VL + KL	Suositus	31
kalkitus	VL + KL	Alenn	32
SR			

3m

102m

LIITE 2.

Nurmen kalkituskokeen lannoitusten sisältämät vuosittaiset ravinnemäärät väkilannoitetulla nurmella 2009-2014

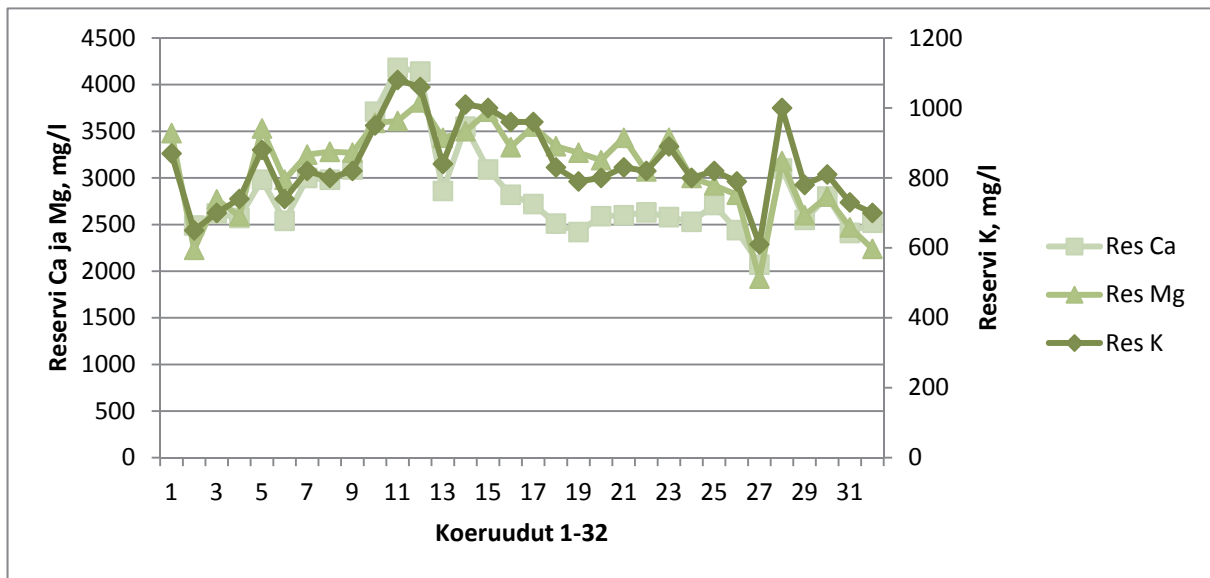
Vuosi	Lann. taso	N	Väkilannoitus		
			P	K	
2009	Suositus	60	26	93	
2009	Alenn	41	26	93	
2010	Suositus	182	17	184	
2010	Alenn	126	17	184	
2011	Suositus	180	17	189	
2011	Alenn	125	17	189	
2012	Suositus	60	60	14	
2012	Alenn	40	40	14	
2013	Suositus	231	15	193	
2013	Alenn	152	15	193	
2014	Suositus	230	15	83*	
2014	Alenn	149	15	83*	

*Kaliumlannoitus jäi tekemättä toiselta niitolta vuonna 2014

Nurmen kalkituskokeen 2012-2014 lannoitusten sisältämät vuosittaiset ravinnemäärät nurmella, jonka lannoituksessa on käytetty naudan lietelantaa 30 m³ toiselle sadolle

Vuosi	Lann. taso	N	Karjanlanta jäsenet		
			KOK N	P	K
2012	Suositus	59	98	18	91
2012	Alenn	59	98	18	91
2013	Suositus	159	197	17	194
2013	Alenn	224	262	17	194
2014	Suositus	164	197	10	196
2014	Alenn	234	267	10	196

Liite 3. Koalueen pohjamaan kalsiumin, magnesiumin ja kaliumin varastoravinnepitoisuudet syksyllä 2012.



LIITE 4.

Vakiannoitetun nurmen 1. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2013. Tulokset koejäsenittäin, ei tilastollista testausta

	SATO1	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka		g /kg ka		g /kg ka				
Kalkitus	VL	Alenn	135	561	114	668	93	74	79	16
Ei kalkkia	VL	Alenn	121	578	121	658	101	72	77	6
	256	0,2	14	-17	-7	10	-8	2	2	10
Kalkitus	VL	Suositus	150	564	107	668	101	70	81	30
Ei kalkkia	VL	Suositus	144	565	117	667	92	72	80	25
	52	0	6	-1	-10	1	9	-2	1	5

Sem	291
Kalkitus	P-arvo 0.5251
Lann.taso	P-arvo 0.1245
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo 0.6337

Vakiannoitetun nurmen 1. niittokerran kivennäispuitoisuudet vuonna 2013. Tulokset koejäsenittäin, ei tilastollista testausta

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka						K /(Ca+Mg)
Kalkitus	VL	Alenn	18	1	28	15	1
Ei kalkkia	VL	Alenn	18	1	49	20	2
	1,2	0,2	-0,2	0,4	-21	-5	-0,6
Kalkitus	VL	Suositus	17	1	31	17	1
Ei kalkkia	VL	Suositus	19	1	51	21	2
	0,5	0,0	-1,3	0,4	-20	-4	-0,4

LIITE 5.

Väkilannoitetun nurmen 2. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2013.

	Sato 2	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ/kg ka				g /kg ka				
Kalkitus	VL	Alenn	4016	115	512	181	689	82	79	-4
Ei kalkkia	VL	Alenn	3994	117	513	180	688	80	80	-3
	21	0	-2	-1	1	1	4	2	-1	-2
Kalkitus	VL	Suositus	4649	145	520	148	690	79	83	21
Ei kalkkia	VL	Suositus	4833	143	528	147	680	77	81	21
	-185	0,2	2	-8	1	11	-3	1	1,3	0,3
Sem	131	0,03	2,73	5,13	4,68	1,86	1,12	1,47	0,32	2,37
Kalkitus	P-arvo	0,0363	0,9625	0,5580	0,8991	0,0223	0,4464	0,4655	0,3189	0,7387
Lann.taso	P-arvo	0,3196	<0,0001	0,0544	0,0007	0,1135	0,0202	0,1347	<0,0001	<0,0001
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,0363	0,4327	0,4473	0,9815	0,0336	0,2920	0,8132	0,0203	0,6572

Väkilannoitetun nurmen 2. niittokerran kivennäispiitoisuudet vuonna 2013.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka			Mg /kg ka			K /(Ca+Mg)
Kalkitus	VL	Alenn	22	1,2	37	14	1,7
Ei kalkkia	VL	Alenn	24	0,9	65	17	2,3
	0,8	0,2	-1,9	0,3	-28	-3	-0,6
Kalkitus	VL	Suositus	21	1,7	38	16	1,3
Ei kalkkia	VL	Suositus	22	1,3	64	20	1,7
	1,1	0,1	-0,9	0,4	-26	-4	-0,4
Sem	0,33	0,04	0,51	0,07	2,87	0,70	0,10
Kalkitus	P-arvo	0,0364	0,1003	0,0330	0,0006	0,0154	0,0349
Lann.taso	P-arvo	0,0089	0,0034	0,0005	1,0000	0,0032	0,0006
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,5005	0,2896	0,2215	0,7136	0,5239	0,2632

LIITE 6. Väkilannoitetun nurmen 3. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2013.

	Sato 3	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka				g /kg ka				
Kalkitus VL	3412	11,2	109	493	195	698	49	88	80	-11
Ei kalkkia VL	3003	11,2	107	494	198	699	53	87	79	-13
	409	0,0	2	-1	-4	-1	-4	1	0	2
Kalkitus VL	3476	11,3	130	499	171	704	52	83	83	6
Ei kalkkia VL	3699	11,2	120	497	184	700	57	83	81	-2
	-224	0,1	10	2	-13	5	-6	0	2	8
Sem	64,82	0,03	2,97	4,39	5,18	2,18	1,49	1,85	0,43	2,47
Kalkitus	0,3319	0,4372	0,0727	0,9823	0,2558	0,5548	0,0486	0,7805	0,2010	0,0457
Lann.taso	0,0014	0,1466	<0,0001	0,3926	0,0060	0,2630	0,1353	0,0625	0,0004	<0,0001
Kalkitus*Lann.taso	0,0048	0,3559	0,0321	0,7934	0,3696	0,3700	0,6033	0,7805	0,0591	0,1109

Väkilannoitetun nurmen 3. niittokerran kivennäispuiteuudet vuonna 2013.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka			Mg /kg ka			K /(Ca+Mg)
Kalkitus VL	5,0	3,0	22	1,5	50	14	1,5
Ei kalkkia VL	4,4	2,9	22	1,2	80	15	1,8
	0,6	0,2	-1	0,3	-31	-1	-0,3
Kalkitus VL	5,4	2,8	20	1,7	45	17	1,3
Ei kalkkia VL	4,7	2,6	19	1,3	73	18	1,4
	0,7	0,3	1	0,4	-29	-1	-0,2
Sem	0,29	0,06	0,61	0,04	1,89	0,93	0,07
Kalkitus	0,0292	0,0727	0,7284	0,0003	<0,0001	0,4625	0,0600
Lann.taso	0,2276	0,0182	0,0093	0,0114	0,0444	0,0100	0,0100
Kalkitus*Lann.taso	0,8465	0,5017	0,2956	0,4105	0,7149	0,7681	0,5527

LIITE 7.

Karjanlantakokeen nurmen 1. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2013.

	Sato 1	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka		g /kg ka			g /kg ka			
kalkitus	KL	Alenn	133	580	112	659	100	69	78	16
ei kalkkia	KL	Alenn	131	582	112	655	105	68	78	14
	-153	0,0	2,0	-2,0	0,0	4,0	-5,0	1,0	0,0	2,0
kalkitus	KL	Suositus	151	563	114	666	96	70	81	30
ei kalkkia	KL	Suositus	149	563	113	664	102	69	81	29
	-472	0,1	2,0	0,0	1,0	2,0	-6,0	1,0	0,0	1,0
Sem	366									
Kalkitus	P-arvo	0.3014								
Lann.taso	P-arvo	0.7917								
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.3097								
Reservikallium	P-arvo	0.9705								

Karjanlantakokeen nurmen 1. niittokerran kivennäispiitoisuudet vuonna 2013.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka	g /kg ka	g /kg ka	Mg /kg ka	Mg /kg ka	Mg /kg ka	K/(Ca+Mg)
Kalkitus	KL	Alenn	15,8	1,4	26,0	18,0	1,3
Ei kalkkia	KL	Alenn	16,3	1,1	43,0	21,0	1,5
	0,3	0,1	-0,5	0,3	-17	-3,0	-0,2
Kalkitus	KL	Suositus	15,7	1,6	29,0	19,0	1,1
Ei kalkkia	KL	Suositus	15,6	1,2	45,0	22,0	1,3
	0,6	0,1	0,1	0,4	-16	-3,0	-0,2

LIITE 8.

Karjanlantakokeen nurmen 2. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2013.

	Sato 2	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka				g /kg ka				
Kalkitus	KL	Alenn	116	508	183	690	65	76	79	-3
Ei kalkkia	KL	Alenn	121	518	166	695	69	78	80	1
	319	0	-5	-10	18	-4	-4	-2	-1	-4
Kalkitus	KL	Suositus	140	518	155	688	69	75	82	17
Ei kalkkia	KL	Suositus	144	527	141	687	73	75	82	21
	198	0	-4	-9	14	1	-5	-1	0	-4
Sem	468	0,04	1,80	5,98	3,93	2,42	2,22	0,86	0,31	1,85
Kalkitus	P-arvo	0.3392	0.1189	0.3449	0.0150	0.5725	0.1197	0.2560	0.1846	0.1449
Lann.taso	P-arvo	0.2056	0.0002	0.3412	0.0008	0.1452	0.1490	0.1967	0.0017	0.0001
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.7262	0.8392	0.9567	0.7374	0.4627	0.9267	0.4410	0.4701	0.8529
Reservikallium	P-arvo	0.3201	0.1084	0.5075	0.0583	0.4067	0.7105	0.9783	0.0488	0.0525

Karjanlantakokeen nurmen 2. niittokerran kivennäispitoisuudet vuonna 2013.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
		g /kg ka		Mg /kg ka			K /(Ca+Mg)
Kalkitus	KL	Alenn	20	1,3	32	15	1,6
Ei kalkkia	KL	Alenn	21	1,2	51	17	1,7
	0,0	0,0	-1,6	0,2	-19	-1,5	-0,1
Kalkitus	KL	Suositus	18	1,6	31	16	1,3
Ei kalkkia	KL	Suositus	19	1,5	53	21	1,4
	0,5	-0,1	-0,7	0,1	-22	-4,7	-0,2
Sem	0,19	0,06	0,47	0,05	2,39	0,60	0,07
Kalkitus /ei	P-arvo	0.6739	0.1979	0.0879	0.0008	0.0011	0.1503
Lann.taso	P-arvo	0.6254	0.1118	0.0016	0.5478	0.0019	0.0080
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.3931	0.5026	0.9016	0.3176	0.0237	0.7699
Reservikallium	P-arvo	0.4524	0.3719	0.9101	0.5669	0.5799	0.0210

LIITE 9.

Karjanlantaakkeen nurmen 3. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2013.

	Sato 3	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka				g /kg ka				
Kalkitus	3582	11,4	119	486	192	713	50	81	82	-4
Ei kalkkia	3501	11,4	109	490	210	710	57	78	80	-12
	81	0,07	10	-4	-17	3	-7	3	2	7
Kalkitus	3725	11,3	129	500	170	707	54	79	82	5
Ei kalkkia	3683	11,1	119	514	180	697	62	75	81	-2
	42	0,16	10	-13	-10	10	-8	4	2	7
Sem	95,4	0,05	6,47	5,60	9,08	3,26	2,76	4,56	0,92	5,25
Kalkitus	0.6055	0.0978	0.3201	0.2635	0.3254	0.1665	0.1253	0.6548	0.2720	0.3492
Lann.taso	0.1720	0.0265	0.0899	0.0361	0.0223	0.0624	0.1428	0.7046	0.6518	0.0560
Kalkitus*Lann.taso	0.8597	0.4537	0.9735	0.5307	0.5598	0.4303	0.9034	0.9529	0.9120	0.9648
Reservikallium	0.0310	0.7225	0.6320	0.3854	0.4822	0.7642	0.6613	0.9750	0.9321	0.5073

Karjanlantaakkeen nurmen 3. niittokerran kvennäispiitoisuudet vuonna 2013.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka						K /(Ca+Mg)
Kalkitus	4,7	3,1	19	1,8	43	16	1,3
Ei kalkkia	4,4	2,9	19	1,5	73	19	1,4
	0,4	0,2	-0,1	0,3	-30	-2,5	-0,2
Kalkitus	4,7	2,8	18	1,7	33	18	1,2
Ei kalkkia	4,9	2,9	16	1,7	62	18	1,1
	-0,2	0,0	1,9	0,0	-29	-0,4	0,2
Sem	0,24	0,10	0,91	0,05	4,35	0,62	0,03
Kalkitus	0.7091	0.5441	0.5301	0.0598	0.0121	0.1171	0.9368
Lann.taso	0.2564	0.1888	0.1567	0.2318	0.0286	0.8397	0.0169
Kalkitus*Lann.taso	0.2192	0.2490	0.3187	0.0802	0.8003	0.2546	0.0214
Reservikallium	0.5473	0.4818	0.2302	0.0466	0.1665	0.0054	0.2903

LIITE 10.

Väkilannoitetun nurmen 1. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2014.

	Sato 1	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka				g /kg ka				
Kalkitus	VL	Alenn	130	570	126	679	87	71	80	10
Ei kalkkia	VL	Alenn	123	561	125	672	92	72	78	5
	11	0,1	7	-11	2	8	-5	0	2	5
Kalkitus	VL	Suositus	145	549	138	696	81	66	83	21
Ei kalkkia	VL	Suositus	148	552	132	691	85	66	83	24
	90	0,1	-3	-3	6	5	-4	0	0	-3
Sem	273	0,048	3,06	3,54	3,39	2,73	2,08	0,88	0,6016	2,44
Kalkitus	P-arvo	0.1901	0.6322	0.1799	0.3865	0.1560	0.1978	1.0000	0.3241	0.8314
Lann.taso	P-arvo	0.0036	0.0005	0.0004	0.0455	0.0025	0.0265	<0.0001	0.0007	0.0007
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.6385	0.2819	0.4258	0.6297	0.6928	0.8229	0.7794	0.3241	0.2685

Väkilannoitetun nurmen 1. niittokerran kivennäispitoisuudet vuonna 2014.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka			K [(Ca+Mg)			
Kalkitus	VL	Alenn	20	1,3	35	19	1,8
Ei kalkkia	VL	Alenn	21	0,9	65	21	2,4
	0,7	0,1	-1	0,4	-29	-2	-0,7
Kalkitus	VL	Suositus	17	1,4	34	18	1,4
Ei kalkkia	VL	Suositus	18	1,0	61	22	1,8
	0,6	0,0	-1	0,4	-26	-5	-0,5
Sem	0,09	0,06	0,37	0,06	2,07	0,58	0,05
Kalkitus	P-arvo	0.4860	0.0521	0.0036	<0.0001	0.0060	0.0003
Lann.taso	P-arvo	0.0019	<0.0001	0.0082	0.3920	0.5239	0.0001
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.1708	0.8891	0.4680	0.6026	0.0473	0.1340

LIITE 11.

Väkilannoitetun nurmen 2. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2014.

	Sato 2	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka				g /kg ka				
Kalkitus	VL	Alenn	4243	120	569	132	87	78	76	5
Ei kalkkia	VL	Alenn	3972	126	571	125	92	78	77	11
	272	0,1	-6	7	4	4	-6	0	-1	-6
Kalkitus	VL	Suositus	4896	147	583	99	97	74	79	29
Ei kalkkia	VL	Suositus	4404	139	592	97	105	75	77	25
	492	0,2	8	-10	2	10	-7	-1	2	5
Sem	273	0,06	3,65	4,84	5,26	3,98	2,62	1,17	0,51	3,18
Kalkitus	P-arvo	0,2891	0,9057	0,4522	0,5671	0,2598	0,1296	0,7934	0,3192	0,8919
Lann.taso	P-arvo	0,0077	0,0025	0,0028	0,0006	0,0053	0,0064	0,0284	0,1089	0,0014
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,3040	0,2081	0,4194	0,6015	0,2546	0,7981	0,9303	0,1089	0,2557

Väkilannoitetun nurmen 2. niittokerran kivennäispiensoodet vuonna 2014.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV		
	g /kg ka			Mg /kg ka		K/(Ca+Mg)			
Kalkitus	VL	Alenn	4,9	2,9	14	1,4	38	17	0,8
Ei kalkkia	VL	Alenn	4,6	2,8	15	1,3	77	20	0,8
	0,3	0,1	0	0,1	-39	2,0	33	18	-0,1
Kalkitus	VL	Suositus	5,2	2,5	12	1,3	75	22	0,9
Ei kalkkia	VL	Suositus	4,5	2,6	13	1,3	42	4	-0,3
	0,8	-0,1	-1	0,7	9,58	0,05	0,0247	0,0031	0,1775
Sem	0,20	0,06	0,67	0,05	9,58	0,72	0,0031	0,0685	0,5462
Kalkitus	P-arvo	0,8691	0,5382	0,0001	0,0247	0,0031	0,5905	0,0685	0,5462
Lann.taso	P-arvo	0,0105	0,0648	0,0009	0,5905	0,0685	0,8509	0,5078	0,4248
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,2656	0,6432	0,0031	0,8509	0,5078	0,4248		

LIITE 12.

Väkiannoitetun nurmen 3. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2014.

		SATO3	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
		kg ka /ha	MJ /kg ka				g /kg ka				
Kalkitus	VL	2449	11,6	138	463	200	724	33	78	85	11
Ei kalkkia	VL	2249	11,6	132	462	209	724	35	77	85	5
		200	0,0	6	1	-9	0	-3	2	1	6
Kalkitus	VL	2246	11,8	166	461	178	734	30	74	89	34
Ei kalkkia	VL	2353	11,5	169	471	164	720	45	74	88	38
		-107	0,3	-3	-11	15	15	-15	0	1	-5
Sem		66,3	0,07	3,10	3,58	6,21	4,34	2,28	1,61	0,61	2,77
Kalkitus	P-arvo	0,5193	0,0763	0,7016	0,3838	0,7725	0,0811	0,0172	0,6376	0,4067	0,8708
Lann.taso	P-arvo	0,4149	0,4433	<0,0001	0,3810	<0,0001	0,3922	0,2519	0,0194	0,0004	<0,0001
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,0269	0,0760	0,2657	0,2231	0,0134	0,0902	0,0685	0,4094	0,8657	0,1286

Väkiannoitetun nurmen 3. niittokerran kivennäispiisuisuudet vuonna 2014.

		Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
		g /kg ka						K (Ca+Mg)
Kalkitus	VL	5,6	3,2	16	2,5	48	15	0,9
Ei kalkkia	VL	4,7	2,9	17	1,8	81	17	1,1
		0,9	0,3	0	0,7	-33	-2	-0,3
Kalkitus	VL	5,7	2,8	14	2,6	42	18	0,7
Ei kalkkia	VL	5,5	2,7	14	2,1	83	23	0,8
		0,2	0,1	0	0,6	-42	-5	-0,1
Sem		0,12	0,06	0,97	0,13	3,47	0,83	0,07
Kalkitus	P-arvo	0,0166	0,0697	0,6566	0,0162	0,0043	0,0009	0,0137
Lann.taso	P-arvo	0,0335	0,0039	0,0056	0,0106	0,4626	0,0004	0,0038
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,0805	0,1534	0,8164	0,1682	0,1280	0,0575	0,1877

LIITE 13.

Karjanlantakokeen nurmen 1. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2014.

	Sato 1	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka		g /kg ka		g /kg ka				
Kalkitus	KL Alenn	10,9	124	573	132	579	88	67	80	5
Ei kalkkia	KL Alenn	10,8	122	581	132	573	94	66	79	4
		-28	2	-8	-1	6	-6	1	1	1
Kalkitus	KL Suositus	10,9	140	563	132	585	91	64	82	18
Ei kalkkia	KL Suositus	11,0	150	552	136	590	89	67	83	26
		-0,11	-9	11	-4	-5	2	-2	-1	-8
Sem		193	3,40	3,35	5,51	2,65	1,61	1,21	0,27	3,24
Kalkitus	P-arvo	0.8877	0.4633	0.7527	0.7299	0.9093	0.3703	0.6859	0.9891	0.4810
Lann.taso	P-arvo	0.0034	0.0236	0.0002	0.6804	0.0131	0.5794	0.4613	0.0003	0.0028
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.4151	0.1342	0.0015	0.7272	0.1660	0.0639	0.3252	0.0343	0.2133
Reservikallium	P-arvo	0.4468	0.4559	0.0008	0.5556	0.5227	0.2085	0.0441	0.1786	0.5706

Karjanlantakokeen nurmen 1. niittokerran kivennäispitoisuudet vuonna 2014.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka	g /kg ka	Mg /kg ka	Mn	Zn	K /(Ca+Mg)	
Kalkitus	KL Alenn	3,3	2,4	1,3	28	22	1,7
Ei kalkkia	KL Alenn	3,1	2,2	1,1	54	24	2,0
		0,3	0,2	0,2	-25	-2	-0,3
Kalkitus	KL Suositus	3,8	2,1	1,5	30	21	1,3
Ei kalkkia	KL Suositus	3,7	2,2	1,3	54	24	1,5
		0,1	-0,1	0,2	-24	-4	-0,2
Sem		0,17	0,04	0,06	2,07	0,95	0,09
Kalkitus	P-arvo	0.4241	0.6089	0.0657	-0.0001	0.0531	0.1531
Lann.taso	P-arvo	0.0066	0.1077	0.0154	0.9162	0.8466	0.0005
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.4584	0.0597	0.7974	0.8916	0.2851	0.2392
Reservikallium	P-arvo	0.1333	0.0212	0.8126	0.6536	0.9368	0.0796

Karjanlantakokeen nurmen 2. niittokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2014.

	Sato 2	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ/kg ka				g /kg ka				
Kalkitus	KL	Alenn	104	555	151	661	80	79	75	-10
Ei kalkkia	KL	Alenn	110	556	145	660	82	82	76	-5
Kalkitus	KL	Suositus	-6	-1	6	2	-1	-2	-1	-5
Ei kalkkia	KL	Suositus	124	586	99	642	96	81	76	11
		Suositus	130	596	88	634	104	80	76	17
			-170	0,17	10	8	-9	1	0	-7
Sem	155	0,06	3,74	3,87	6,50	3,23	2,56	0,96	0,43	3,44
Kalkitus	P-arvo	0,9784	0,3273	0,2106	0,4089	0,2454	0,1512	0,5575	0,6043	0,2819
Lann.taso	P-arvo	<0,0001	0,0045	<0,0001	<0,0001	0,0005	0,0003	0,9858	0,6928	0,0085
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,3422	0,3803	0,2464	0,4379	0,4444	0,2601	0,2535	0,5470	0,7842
Reservikallium	P-arvo	0,9211	0,1534	0,9838	0,2146	0,9733	0,9570	0,4498	0,1036	0,1850

Karjanlantakokeen nurmen 2. niittokerran kivennäispiitoisuudet vuonna 2014.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka						
	Mg /kg ka						
	K /(Ca+Mg)						
Kalkitus	KL	Alenn	17	1,3	28	15	0,7
Ei kalkkia	KL	Alenn	17	1,2	56	17	1,1
Kalkitus	KL	Suositus	-0,3	0,2	-28	-2	-0,3
Ei kalkkia	KL	Suositus	16	1,4	23	18	1,1
		Suositus	16	1,2	56	23	1,0
			0,4	0,2	-33	-5	0,1
Sem	0,10	0,04	0,24	0,08	2,76	0,92	0,34
Kalkitus	P-arvo	0,0308	0,8071	0,1606	-0,0001	0,0058	0,5930
Lann.taso	P-arvo	0,1895	0,1992	0,5879	0,6600	0,0022	0,3439
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0,6909	0,2723	0,7712	0,5281	0,1688	0,1889
Reservikallium	P-arvo	0,5868	0,6231	0,0432	0,0873	0,5775	0,1199

LIITE 15.

Karjanlantakkeen nurmen 3. niitokerran kuiva-ainesato ja rehun ruokinnallinen arvo vuonna 2014.

	Sato 3	ME	RV	NDF	Sokeri	D-arvo	INDF	Tuhka	OIV	PVT
	kg ka /ha	MJ /kg ka		g /kg ka		g /kg ka				
Kalkitus	KL	Alenn	129	468	202	723	32	80	84	3
Ei kalkkia	KL	Alenn	137	472	180	722	31	84	85	10
	70	-0,01	-8	-4	22	1	1	-4	-1	-7
Kalkitus	KL	Suositus	146	464	184	728	34	78	87	17
Ei kalkkia	KL	Suositus	161	470	163	724	38	78	88	31
	-106	0,04	-14	-6	21	4	-4	0	-1	-14
Sem	59,9	0,07	4,01	4,39	6,82	4,47	1,64	1,45	0,71	3,46
Kalkitus	P-arvo	0.8326	0.0969	0.4459	0.0708	0.6052	0.4507	0.1314	0.2434	0.0771
Lann.taso	P-arvo	0.3465	0.0017	0.6519	0.0198	0.3405	0.0720	0.0021	0.0050	0.0018
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.3079	0.3314	0.9187	0.9628	0.6768	0.2621	0.0173	0.7678	0.2392
Reservikallium	P-arvo	0.3043	0.0669	0.8886	0.2032	0.9059	0.4357	0.1666	0.2277	0.0634

Karjanlantakkeen nurmen 3. niitokerran kivennäispitoisuudet vuonna 2014.

	Ca	P	K	Mg	Mn	Zn	EKV
	g /kg ka	g /kg ka	g /kg ka	Mg /kg ka	Mg /kg ka	K /(Ca+Mg)	
Kalkitus	KL	Alenn	20	2,0	36	16	1,4
Ei kalkkia	KL	Alenn	22	1,9	69	20	1,6
	0,0	0,0	-2	0,1	-33	-3	-0,2
Kalkitus	KL	Suositus	19	2,0	34	17	1,3
Ei kalkkia	KL	Suositus	19	1,9	55	22	1,3
	0,3	0,2	0	0,1	-21	-6	0,0
Sem	0,07	0,09	0,69	0,06	2,61	0,65	0,05
Kalkitus	P-arvo	0.2322	0.1721	0.1485	0.0042	0.0123	0.2387
Lann.taso	P-arvo	0.0158	0.0026	0.2630	0.0120	0.0401	0.0061
Kalkitus*Lann.taso	P-arvo	0.1861	0.0327	0.6201	0.0362	0.0765	0.1714
Reservikallium	P-arvo	0.2787	0.9110	0.0043	0.6937	0.0644	0.1246

Liite 16.

Katelaskelmissa on huomioitu säilörehun tuettu tuotantokustannus, maidon hinta ja maidon tuotantotuki tilalla, joka ei kalkitse tai kalkitsee nurmilohkoja. Vertailtavissa strategioissa muuttuu ainoastaan kalkituskustannus.

Ei kalkitusta	Yksikkö	Summa
Muuttuvat kustannukset	€/ha	910
Kiinteät kustannukset	€/ha	865
Työkustannus	€/ha	207
Säilörehun tuot. kustannus yht.	€/ha	1982
Tuettu tuotantokustannus	€/ha	1257
Maidon hinta	snt/l	46
Tuotantotuki	snt/l	8
Säilörehun syönti "ei-kalkitusta" D-arvolla	kg ka/vrk	12,0
Lehmän maitotuotos "ei-kalkitusta" D-arvolla	l/vrk	32
Syönnin muutos	kg / (1 g nousu D-arvossa)	+0,0175
Maitotuotoksen muutos	kg / (1 g nousu D-arvossa)	+0,05

Kalkitus	Yksikkö	Summa
Muuttuvat kustannukset	€/ha	968
Kiinteät kustannukset	€/ha	865
Työkustannus	€/ha	207
Säilörehun tuot. kustannus yht.	€/ha	2040
Tuettu tuotantokustannus	€/ha	1315
Maidon hinta	snt/l	46
Tuotantotuki	snt/l	8
Säilörehun syönti "ei-kalkitusta" D-arvolla	kg ka/vrk	12,0
Lehmän maitotuotos "ei-kalkitusta" D-arvolla	l/vrk	32
Syönnin muutos	kg / (1 g nousu D-arvossa)	+0,0175
Maitotuotoksen muutos	kg / (1 g nousu D-arvossa)	+0,05

Liite 17.

Väkilannoitetun nurmen maitotulon ja rehukustannuksen kate 50 lypsylehmän tilalla, jolla joko kalkitaan tai ei kalkita nurmia. Laskelmien tuotantokustannus on kalkituskustannusta lukuun ottamatta sama.

A. Suositusten mukainen typpilannoitus

VL Suositus	KALKITUS	EI KALKKIA	Menetelmien ero	Yksikkö
Sato	12049	11619	430	kg ka/ha
D-arvo	683	677	6	g kg/ka
SR tuettu tuotantokust	0,109	0,108	0,001	€/kg
SR-syönti	12,11	12,00	0,21	kg ka/vrk
SR-päiväkust	1,32	1,30	0,02	€/vrk
Maitotuotos	32,3	32,00	0,3	l/vrk
Maitotulo	17,44	17,28	0,16	€/vrk
SR-kustannus /lehmä 305 vrk	403	396	7	€/vuosi
Maitotulo 305 vrk	5320	5270	49	€/vuosi
Tulos 305 vrk /1 lehmä	4917	4874	42,5	€/vuosi
Tulos 305 vrk /50 lehmää	245849	243722	2127	€/vuosi
50 lehmää syönti	184624	183000		kg ka/vuosi
hehtaareina	15,32	15,75	-0,43	ha

B. Alennettu typpilannoitus

VL Alennettu	KALKITUS	EI KALKKIA	Menetelmien ero	Yksikkö
Sato	11794	11358	436	kg ka/ha
D-arvo	680	675	5	g kg/ka
SR tuettu tuotantokust	0,111	0,111	0,001	€/kg
SR-syönti	12,09	12,00	0,09	kg ka/vrk
SR-päiväkust	1,35	1,33	0,02	€/vrk
Maitotuotos	32,25	32,00	0,25	l/vrk
Maitotulo	17,42	17,28	0,13	€/vrk
SR-kustannus /lehmä 305 vrk	411	405	6	€/vuosi
Maitotulo /lehmä 305 vrk	5312	5270	41	€/vuosi
Tulos 305 vrk /1 lehmä	4901	4865	35,3	€/vuosi
Tulos 305 vrk /50 lehmää	245032	243267	1764	€/vuosi
50 lehmää syönti	184353	183000		kg ka/vuosi
hehtaareina	15,63	16,11	-0,48	ha

Liite 18.

Karjanlantakokeen tulosten mukainen nurmen maitotulon ja rehukustannuksen kate 50 lypsylehmän tilalla, jolla joko kalkitaan tai ei kalkita nurmia. Laskelmien tuotantokustannus on kalkituskustannusta lukuun ottamatta sama.

A. Suositusten mukainen typpilannoitus

KL Suositus	KALKITUS	EI KALKKIA	Menetelmien ero	Yksikkö
Sato	12369	12624	-255	kg ka/ha
D-arvo	676	675	1	g kg/ka
SR tuettu tuotantokust	0,106	0,100	0,007	€/kg
SR-syönti	12,02	12,00	0,21	kg ka/vrk
SR-päiväkust	1,28	1,19	0,08	€/vrk
Maitotuotos	32,05	32,00	0,61	l/vrk
Maitotulo	17,31	17,28	0,03	€/vrk
SR-kustannus /lehmä 305 vrk	390	364	25	€/vuosi
Maitotulo 305 vrk	5279	5270	8	€/vuosi
Tulos 305 vrk /1 lehmä	4889	4906	-16,9	€/vuosi
Tulos 305 vrk /50 lehmää	244455	245298	-843	€/vuosi
50 lehmää syönti hehtaareina	183271	183000		kg ka/vuosi
	14,82	14,50	0,32	ha

B. Alennettu typpilannoitus

KL Alennettu	KALKITUS	EI KALKKIA	Menetelmien ero	Yksikkö
Sato	11344	11064	280	kg ka/ha
D-arvo	684	680	4	g kg/ka
SR tuettu tuotantokust	0,116	0,114	0,002	€/kg
SR-syönti	12,07	12,00	0,21	kg ka/vrk
SR-päiväkust	1,40	1,36	0,04	€/vrk
Maitotuotos	32,2	32,00	0,61	l/vrk
Maitotulo	17,39	17,28	0,11	€/vrk
SR-kustannus /lehmä 305 vrk	427	416	11	€/vuosi
Maitotulo 305 vrk	5303	5270	33	€/vuosi
Tulos 305 vrk /1 lehmä	4877	4855	22,1	€/vuosi
Tulos 305 vrk /50 lehmää	243836	242729	1107	€/vuosi
50 lehmää syönti hehtaareina	184083	183000		kg ka/vuosi
	16,23	16,54	-0,31	ha

4 Nurmien kaliumlannoitustarve

**Maarit Hyrkäs¹, Sanna Kykkänen¹, Perttu Virkajärvi¹, Arto Pehkonen¹, Tiina Hyvärinen²,
Kirsi Järvenranta¹ ja Päivi Kurki³**

¹ MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@mtt.fi

² Savonia-ammattikorkeakoulu, Haukisaarentie 2, 74130 Iisalmi

³ MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Suomessa kaliumlannoitussuositukset perustuvat viljavuuskaliumin (K_{AAC}) määrään maassa. Suositusperusteita ollaan kuitenkin muuttamassa niin, että viljavuuskaliumin sijasta maan reservikaliumpitoisuus (K_{HCl}) olisi ensisijainen kaliumlannoitussuunnittelun lähtökohta. Tässä tutkimuksessa haluttiin testata tämän teorian paikkansapitävyyden lisäksi K-lannoituksen vaikutusta nurmen ruokinnalliseen laatuun. Koska karjatilat käyttävät lannoitteena poikkeuksetta myös lantaa, selvitettiin myös karjanlannan merkitys nurmien K-lannoitteena. Tutkimus toteutettiin kolmevuotisena kenttäkokeena. Koe perustettiin Maaningalle, Mikkeliin ja Ruukkiin. Koepaikkojen maan reservikaliumtila vaihteli kokeen alussa matalasta korkeaan, ollen Maaningalla kyntökerroksessa ja jankossa keskimäärin 3000 mg/l, Mikkeliissä 1000–2000 mg/l ja Ruukissa 500 mg/l. Koealueille kylvettiin vuonna 2011 timotei-nurminata siemenseos suojaviljaan. Varsinaisia koevuosia olivat nurmivuodet 2012–2014. Tutkimus toteutettiin osaruutukokeena, jossa pääruutuna oli liete/ei lietettä ja osaruutuna K-lannoitustasot (0, 50, 100, 150, 200 kg K/ha/v). Lietettä (30 t/ha) levitettiin toiselle sadolle, ja K-lannoitus annettiin kaliumkloridina ensimmäiselle ja toiselle sadolle.

Tutkimus osoitti maan reservikaliumin olevan viljavuuskaliumia parempi K-lannoituksen suunnittelun lähtökohta. Muillakin ympäristötekijöillä todettiin olevan merkittävä osa K-lannoituksen satovasteen ilmenemiselle. Mikkeliissä K-lannoitus nosti kokonaiskuiva-ainesatoa ei-lietettä -pääruudulla tilastollisesti merkittävästi vuonna 2014, jolloin kasvusto selvästi kärsi K-puutteesta ilman kaliumlannoitusta. Reservikaliumtilaltaan heikoimmalla maalla satovastetta ei saatu, mitä voidaan pitää hieman yllättävänä. K-lannoitusmäärä 50 kg/ha/v riitti täyttämään nurmen K-tarpeen kaikissa tilanteissa. Myös lietteen kalium riitti täyttämään nurmen K-tarpeen. Optimaalinen lannoitustaso on siten huomattavasti suositusten (130–170 kg/ha) alapuolella. Suosituksia muuttamalla voidaan saada huomattava säästö lannoituskustannuksiin.

Rehun ruokinnallisten ominaisuuksien seuraaminen osoittautui maan reservikaliumtilan lisäksi tärkeäksi K-lannoitusta suunniteltaessa. K-lannoitus nosti nurmen kaliumpitoisuutta kaikilla koepaikkakunnilla kaikkina vuosina. Korkeimman reservikaliumtilan maalla, Maaningalla, nurmen K-pitoisuus pysyi suhteellisen korkeana myös K-tasolla 0. Myös Ruukissa, missä nurmen kaliumin otto oli maan reservikaliumpitoisuuteen verrattuna korkea, nurmen K-pitoisuus pysyi hyvällä tasolla ilman K-lannoitusta. Maaningalla ja Ruukissa nurmen K-pitoisuus nousi matalimmallakin lannoitustasolla suosituksen ylärajalle tai lähelle sitä. Liete nosti nurmen K-pitoisuutta etenkin reservikaliumiltaan kohtalaisen ja matalan reservikaliumtilan mailla.

Kaliumlannoitus heikensi nurmen ekvivalenttisuhdetta ($K/(Ca+Mg)$). Sekä mineraalikalium että liete heikensivät ekvivalenttisuhdetta selvimmin kohtalaisen ja matalan reservikaliumtilan mailla. Korkean K-tilan maalla suhdeluku oli suhteellisen korkea jo K-tasolla 0. Ekvivalenttisuhteen lisäksi nurmesta tutkittiin sen kationi-anionitasapaino (DCAD, $(K^{++}Na^{+}) - (Cl^{-}S2^{-})$). Kaliumlannoituksen todettiin laskevan ja siten parantavan DCAD-arvoa. Lasku perustuu kaliumlannoitteen sisältämään klooriin.

Tutkimuksen perusteella nurmien kaliumlannoituksen suunnittelun lähtökohtana tulisi olla maan reservikaliumanalyysi. Reservikaliumin lisäksi suositeltavaa on seurata lohko-kohtaista satotasoa sekä kasvuston kaliumpitoisuutta ja kivennäiskoostumusta.

Avainsanat:

nurmet, lannoitus, kalium, reservikalium, karjanlanta, liete, satotaso, rehuarvo, DCAD

4.1 Johdanto

Nurmen kaliumlannoitussuosituksukset ovat perustuneet pitkään viljavuuskaliumin (maaveden ja maa-aineksesta helposti vaihtuvan kaliumin) määrään maassa. Sen on kuitenkin osoitettu olevan huono kaliumtarpeen ennustaja (Virkajärvi ym. 2014), koska se pitää sisällään vain pienen osan maan kasveille käyttökelpoisista kaliumreserveistä. Etenkin runsaasti savesta sisältävillä kivennäismailla, kuten osalla hiesu- ja hietamaista, maa-ainekseen on sitoutunut vaikeasti vaihtuvaa kaliumia. Tätä vaikeammin kasveille käyttökelpoista kaliumpoolia nimitetään reservikaliumiksi (happoliukoinen kalium). Nurmien on todettu käyttävän viljavuuskaliumin lisäksi myös maan reservikaliumia (Virkajärvi ym. 2014), mitä voidaan pitää viljavuuskaliumia parempana kaliumtarpeen ennustajana.

Nurmista korjataan kahdesta kolmeen satoa kasvukaudessa, minkä vuoksi myös kaliumlannoitustarve on suuri. Nurmisadon mukana poistuu keskimäärin 150–250 kg/ha/v kaliumia (Saarela ym. 1998, Pakarinen ym. 2008). Biologialtaan nurmikasvit ovat tehokkaita kaliuminottajia: Niiden syvä ja tiheä juuristo kykenee ottamaan kaliumia syvältä maasta (Joy ym. 1973) ja maan vaikeasti vaihtuvista varoista (Joy ym. 1973, Saarela 2001, Saarela ja Mäntylähti 2002, Virkajärvi ym. 2014). Kun kaliumia on runsaasti saatavilla, nurmet ottavat kaliumia yli tarpeen. Liiallisesta kaliuminotosta ei ole haittaa kasville, mutta rehun eläinravitsemuksellinen laatu kärsii liiallisesta kaliumpitoisuudesta.

Kaliumlannoituksen perustan muuttuminen on lisännyt tarvetta nurmien kaliumlannoituksen laajempaan tuntemukseen. Kehitystä naudanlihantuotantoon -hankkeeseen sisällytettiin kaliumlannoitustutkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää paitsi kaliumlannoituksen satovasteet kaliumtilaltaan erilaisilla mailla myös tarkastella lannoituksen ja maaperän vaikutusta eläinravitsemuksen kannalta tärkeisiin rehun ionisuhteisiin. Aiemman kaliumlannoitustutkimuksen selkeänä puutteena on ollut rehun laadun vähäisen tutkimuksen lisäksi myös vähäinen karjanlannan vaikutusten selvittäminen. Koska naudatilat käyttävät poikkeuksetta lannoitteena myös karjanlanta, tutkimukseen sisällytettiin keskeiseksi osa-alueeksi karjanlanta ja sen vaikutus sadon muodostukseen ja laatuun.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

- 1) maaperän ja sen kaliumtilan vaikutus kaliumlannoituksen satovasteeseen
- 2) karjanlannan vaikutus kaliumlannoituksen satovasteeseen
- 3) miten kaliumlannoitus vaikuttaa rehun ravitsemukselliseen laatuun erilaisilla mailla

4.2 Aineisto ja menetelmät

Nurmien kaliumlannoitustarvekoet perustettiin keväällä 2011 kolmelle MTT:n tutkimusasemalle, Maaningalle, Mikkeliin ja Ruukkiin. Nurmi perustettiin timotei-nurminataseoksena (Tenho-Inkeri, 14 kg ja 6 kg/ha) suojaviljaan. Suojaviljana käytettiin ohraa. Maaningalla lajike oli Olavi, Mikkeliissä Jyvä ja Ruukissa Vilde. Kokoviljavuoden jälkeen koe jatkui kolmen nurmivuoden ajan (2012–2014), jonka jälkeen nurmi lopetettiin glyfosaatilla ja kynnettiin. Nurmi perustetaan uudelleen keväällä 2015 ja koetta on tarkoitus jatkaa ainakin toisen nurmikierron ajan. Koe toteutettiin osaruutukokeena, jossa pääruutuna oli liete/ei lietettä ja osaruutuna viisi erilaista kaliumlannoitustasoa. Tasot toteutettiin kaliumsuolalla. Kokeessa oli neljä kerrannetta. Taulukossa 1 esitetään kokeella tehdyt toimenpiteet ja niiden ajankohdat kullakin paikkakunnalla.

4.2.1 Lannoitus

Kokeen lannoitusperiaate esitetään taulukossa 2. Suojaviljavuonna liete-pääruutu sai typen ja fosforin ainoastaan lietteestä, ei-lietettä-pääruudut saivat Suomensalpietaria (0-27-1) ja fosforiravinnettä (1-9-0) taulukon 1 mukaiset määrät. Lietettä levitettiin Maaningalla 41,7 tn/ha ja Mikkeliissä ja Ruukissa 30 tn/ha. Molemmat pääruudut saivat lisäksi samansuuruiset kaliumportaajat, jotka olivat suuruudeltaan puolet nurmivuosien tasosta (0, 25, 50, 75 ja 100 kg K/ha). Portaajat toteutettiin kaliumsuolalla (0-0-50). Nurmivuosina typpilannoitusta annettiin ensimmäiselle ja toiselle sadolle 100 kg/ha ja kolmannelle sadolle 40 kg/ha. Lietettä annettiin vain toiselle sadolle liete-pääruuduille. Tämä typpi täydennettiin Suomensalpietarilla käyttäen apuna aikaisempia lieteanalyysijä tai keskimääräistä arviota lietteen liukoisien typen pitoisuudesta, joten käytännössä toteutunut typpilannoitus poikkesi jonkin verran tavoitteesta. Ei-lietettä-pääruudulle annettiin 16 kg tai 10 kg fosforia/ha vuodessa, lieteruudut saivat fosforin lietteestä. Kalium-

portaat (0, 50, 100, 150 ja 200 kg/ha/v) toteutettiin kaliumsuolalla molemmille pääruuduille jakaen määrä puoliksi ensimmäiselle ja toiselle sadolle, jonka lisäksi liete-pääruutu sai lisää kaliumia lietteessä. Kuvassa 1 levitetään kaliumsuolaa työnnettävällä koeruutumittakaavan lannoitteenlevittimellä. Kolmannelle sadolle ei annettu kaliumia.

Taulukko 1. Kokeilla tehtyjen toimenpiteiden päivämäärät.

	Maaninka				Mikkeli				Ruukki			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Alkumaanäytteet	23.6.				14.6.				27.5.			
Kylvö	28./29.6.				29.6.				31.5.			
Lannoitus 1. sadolle	23./27.6.	14.5.	13.-15.5.	13.5.	27.-28.6.	21.5.	16.-17.5.	8.5.	30.-31.5.	16.5.	16.-17.5.	15.5.
Kevättiheys		22.5.	22.5.	13.5.		10.5.	17.5.	25.5.		16.5.	16.5.	20.5.
1. niitto	27.8.*	13.6.	11.6.	16.6.	4.8.*	18.6.	12.6.	10.6.	16.8.*	15.6.	10.6.	16.6.
Lietteen levitys		25.6.	11.6.	18.6.		6.7.	20.6.	27.6.		18.6.	13.6.	18.6.
Väkilannoitus 2. sadolle		3.7.	12.6.	19.6.		3.-4.7.	13./18.6.	16.6.		18.6.	13.6.	19.6.
Rikkakasvitorjunta						22.5.	22.5.	8.7.		5.7.		
2. niitto		14.8.	15.7.	28.7.		14.8.	24.7.	29.7.		27.7.	23.7.	29.7.
Lannoitus 3. sadolle			18.7.	29.7.			31.7.	31.7.		27.7.	25.7.	31.7.
3. niitto			28.8.	4.9.			10.9.	2.9.		4.9.	27.8.	10.9.
Maanäytteiden otto	3.10.	6.9.	19.9.	10.9.	3.5.	25.9.	14.10.	30.9.	27.4.	25.9.	17.10.	25.9.
Syystiheys	3.10.	3.10.	20.9.			12.11.	11.10.	30.9.		18.10.	30.9.	26.9.
Glyfosaattiruiskutus				1.10.				1.10.				7.10.
Kyntö				16.10.				21.10.				

* Suojaviljan niitto

Lietteen levitysmenetelmä poikkesi eri paikkakunnilla. Maaningalla käytettiin omavalmistesta koeruutumittakaavan lietteenlevitintä (Kuva 2), jonka tilavuus on 1 m³ ja työleveys 150 cm. Laitteessa on kuusi vannasta (2-kiekkö; Kääriäisen konepaja), jotka multaavat lietteen noin 5–7 cm:n syvyyteen. Mikkeliissä liete levitettiin multaavalla Agronic-lietevaunulla (Kuva 3), vuosina 2011 ja 2012 vantaat ylhäällä pintaan ja vuosina 2013–2014 mullaten noin 4 cm syvyyteen. Ruukissa käytettiin Juko-letkulevitintä (Kuva 6), ja liete annettiin pintaan n. 30 cm jakovälein. Liete levitettiin kaikilla koepaikoilla pääruuduille poikittais-suunnassa.

Taulukko 2. Kokeen lannoitusperiaate.

	Pääruutu	N	P	K
		kg/ha	kg/ha	kg/ha
Kokovilja	Ei lietettä	60/72/46*	20/19/11*	portaat**
	Liete	liete	liete	liete + portaat**
1. sato	Ei lietettä	100	16/10***	portaat
	Liete	100	0	portaat
2. sato	Ei lietettä	100	0	portaat
	Liete	liete + täyd.	liete	liete + portaat
3. sato	Ei lietettä	40	0	0
	Liete	40	0	0

* Maaninka/Mikkeli/Ruukki

**puolet nurmivuosien tasosta

(0, 25, 50, 75 ja 100 kg K/ha)

***16 kg, paitsi Ruukissa 2013 ja 2014 10 kg, Mikkeliissä annettu 2. sadolle.



Kuva 1. Kaliumsuolan levitystä Mikkelissä. Kuva: Ritva Valo.



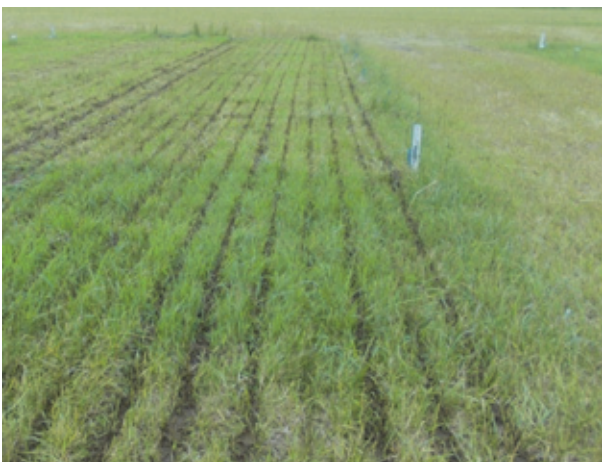
Kuva 2. Maaningan koeruutumittakaavan lietteenlevitin. Kuva: Perttu Virkajärvi.



Kuva 3. Mikkelin lietteenlevitysvaunu. Kuva: Ritva Valo.



Kuva 4. Liettelevitystä Maaningalla vuonna 2013. Kuva: Perttu Virkajärvi.



Kuva 5. Liettelevitysjälki Mikkelissä vuonna 2014. Kuva: Ritva Valo.



Kuva 6. Ruukin letkulevitin. Kuva: Maria Vanhatalo.

Lietteestä otettiin levityshetkellä yksi tai kaksi analyysinäytettä, jotka lähetettiin analysoitavaksi Viljavuuspalveluun. Näytteistä määritettiin liukoinen N (Kjeldahl, AOAC 1975), kokonais N (SFS-EN 13342:2000; SFS-EN 13654-1:2002), P, K, Mg, Ca, Na, Cu, Mn, Zn, B, S (kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä, ISO 5516:1978), ka-% ja tilavuuspaino (gravimetrinen määrittely) sekä lisäksi Cl (vesiuutto, uuttosuhteella 1:5, analysointi titrimetrisesti). Taulukossa 3 esitetään lietteiden keskimääräiset ravinnepitoisuudet nurmivuosina. Taulukossa 4 esitetään lietteen keskimääräiset ja väkilannoitteiden tarkat kaliumin (K), natriumin (Na), kloridin (Cl) ja rikin (S) pitoisuudet ja lannoituksessa annetut määrät. Näillä ravinteilla on vaikutusta kationi-anionitasapainon (DCAD) laskentaan.

Taulukko 3. Nurmivuosina 2012–2014 levitetyn lietteen ravinnepitoisuudet (keskiarvo, keskihajonta, mini- ja maksimiarvot, n=9, S ja Cl n=8).

		Keskiarvo	Keskihajonta	Min	Maks
Levitysmäärä	tn/ha	29,7	1,12	27,3	31,0
Täyd. N (SS)	kg/ha	39	9,6	21	54
Liuk.N	kg/tn	1,9	0,46	1,3	2,6
Kok. N	kg/tn	3,0	0,73	1,8	3,9
P	kg/tn	0,44	0,131	0,14	0,60
K	kg/tn	3,1	0,75	2,6	4,8
Mg	kg/tn	0,4	0,13	0,1	0,6
Ca	kg/tn	0,8	0,2	0,4	1,2
Na	kg/tn	0,3	0,1	0,2	0,4
S	kg/tn	0,3	0,1	0,2	0,4
B	g/tn	0,9	0,3	0,5	1,4
Cu	g/tn	2	0,6	1	3
Mn	g/tn	10	3,8	2	15
Zn	g/tn	13	5,3	5	21
Cl	g/tn	1104	186,8	895	1400
Ka	%	5,6	1,67	2,0	8,2
Tilavuuspaino	kg/m ³	992	16,6	950	1000

4.2.2 Niitto ja kasvustohavainnot

Maan kosteutta mitattiin koko kasvukauden ajan tensiometreillä (Tensiometri Irrometer SR). Keväisin kokeen kahdelle suojaruudulle asennettiin kumpaankin kaksi tensiometriä, joista toinen oli 20 cm ja toinen 40 cm syvyydessä. Mittarien lukemat kirjattiin ylös kahdesti viikossa. Kasvukauden lämpötila- ja sademäärätiedot saatiin kunkin koepaikan lähistöllä sijaitsevalta Ilmatieteenlaitoksen sääasemalta. Nurmen kevät- ja syystiheydet arvioitiin silmämääräisesti prosentteina, ja näiden avulla laskettiin talvituho.

Taulukko 4. Kationi-anionitasapainoon (DCAD) vaikuttavien ravinteiden saanti lietteestä ja väkilannoitteista. Lietteestä on esitetty keskiarvot sekä vaihteluväli (minimi- ja maksimiarvo, n=9 tai 8). Väkilannoitteista on esitetty vain osa käytetyistä levitysmääristä.

		Liete		Suomen-salpietari	Suomen-salpietari	Fosfori-ravinne	Kalium-suola	Kalium-suola
tavoite				100 kg N	täydennys	16 kg P	K-taso 3	K-taso 5
levitysmäärä	tn/ha	29,7*	kg/ha	370	144*	178	100	200
K	kg/tn	3,1 [2,6–4,8]	%	1	1	0	50	50
Na	kg/tn	0,3 [0,2–0,4]	%	0	0	0	0	0
Cl	g/tn	1104 [895–1400]	%	0	0	0	46	46
S	kg/tn	0,3 [0,2–0,4]	%	4	4	10	0	0
K	kg/ha	93 [71–144]	kg/ha	4	1	0	50	100
Na	kg/ha	8,1 [5,4–10,9]	kg/ha	0	0	0	0	0
Cl	kg/ha	32,9 [25,9–43,4]	kg/ha	0	0	0	46	91
S	kg/ha	8,9 [6,0–11,6]	kg/ha	15	6	18	0	0

* Koepaikkojen ja vuosien 2012–2014 keskiarvo

Suomensalpietari (27-0-1-4), Fosforiravinne (1-9-0-10), Kaliumsuola (0-0-50-0)

Koeruudut niitettiin vuonna 2012 Maaningalla ja Mikkelissä kaksi kertaa ja Ruukissa kolme kertaa. Vuosina 2013 ja 2014 jokaisella paikkakunnalla tehtiin kolme niittoa. Kokeet niitettiin Haldrup 1500 tai Hege koeruutujen niittokoneella noin 6–8 cm sänkikorkeuteen. Kasvustosta määritettiin ruutusato ja otettiin näyte ruuduittain. Näytteet kuivattiin +60 °C:ssa noin kahden vuorokauden ajan, määritettiin kuiva-aineprosentti ja lähetettiin analysoitavaksi Valio Oy:n Seinäjoen laboratorioon ja MTT Kotieläintuotannon tutkimuksen laboratorioon Jokioisiin. Valiolla määritettiin D-arvo, NDF-kuitu ja raakavalkuainen NIR-menetelmällä. Jokioisissa analysoitiin pääkivennäiset ja hivenaineet Ca, Mg, P, S, K, Na, Fe, Cu, Zn ja Mn (ICP, Luh Huang ym. 1985). Kasvuston ekvivalenttisuhte laskettiin kaavalla $ekv = (K/39)/(Ca/20 + Mg/12)$. Tämän jälkeen näytteistä analysoitiin vielä kloridi MTT Kasvintuotannon tutkimuksen laboratoriossa (LaCroix ym. 1970 modifioiden; uuttonesteenä vesi), jonka jälkeen voitiin laskea kationi-anionitasapaino eli DCAD. DCAD:in laskemiseen käytettiin laskukaavaa $DCAD = ((K/39+Na/23)-(Cl/35,5+S \times 2/32)) \times 1000$.



Kuva 7. Koeruutujen niittoa Mikkelissä. Kuva: Päivi Kurki.



Kuva 8. Jauhettuja kasvinäytteitä lähdössä analysoitavaksi. Kuva: Ritva Valo.

4.2.3 Maanäytteet

Koealueilta otettiin keväällä 2011 alkumaanäytteet joka kerranteelta pintakerroksesta (0–25 cm) ja jankosta (25–50 cm). Syksyisin otettiin näytteet ruuduittain samoista syvyyksistä. Näytteet analysoitiin Viljavuuspalvelussa. Alkumaanäytteistä määritettiin perusviljavuus: pH, johtoluku (maa-vesisuspensio; v/v 1:2,5), Ca, K, P, Mg, S (hapan ammoniumasetaattiuutto; pH 4,65; Vuorinen ja Mäkitie 1955), reservikalium (2-molaarinen HCl-uutto kiehuva vesihautteessa; uuttosuhde 1:4 v/v, uuttoaika 2 h), muut varastoravinteet (P, Ca, Mg), orgaaninen hiili (rikkihappo-dikromaatti-menetelmä, titrimetrinen määrittely) sekä maan lajitekoostumus (Elonen 1971). Ruuduittaisista näytteistä määritettiin perusviljavuus sekä reservikalium. Reservikalium määritettiin vuosittain, jotta nähtäisiin lietteen mahdollinen vaikutus reservikaliumin määrään maassa.

Kokeet sijoitettiin kaikilla koepaikoilla hietamaille. Maan lähtötilanne esitetään taulukossa 5. Maaningalla karkean ja hienon hiedan osuus oli yhtä suuri, kun taas Mikkelissä ja Ruukissa karkeaa hietaa oli eniten. Maaningalla saveksen osuus oli suurempi kuin muilla paikkakunnilla. Viljavuuskaliumin määrä kynökerroksessa sijoittui Maaningalla luokkaan tyydyttävä ja Mikkelissä sekä Ruukissa luokkaan välttävä. Reservikaliumin määrä maassa oli Maaningalla ja Mikkelissä korkea. Ruukissa reservikalium oli keskimäärin noin 500 mg/l, mikä on selvästi vähemmän kuin muilla paikkakunnilla. Yksi kokeen tavoitteista oli sijoittaa kokeet reservikaliumiltaan erilaisille maille. Ruukissa koelohkolle oli levitetty biotiittia n. 10 tn/ha keväällä 2009. Koska biotiitti sisältää runsaasti kaliumia (5 %) ja lisäksi magnesiumia (10 %) ja kalsiumia (7 %), sen levittäminen on todennäköisesti vaikuttanut alkumaanäytteiden tuloksiin ja mahdollisesti myös tutkimustuloksiin erityisesti kokeen ensimmäisinä vuosina. Pelkästään kaliumia on biotiitin mukana tullut peltoon 500 kg/ha. Kalium, magnesium ja kalsium ovat sitoutuneena biotiitin rakenteeseen, silikaattikerrosten väliin, minkä vuoksi ne vapautuvat hitaasti kasvien käyttöön. Biotiitin vaikutus kestää 3–5 vuotta. Magnesium ja kalsium ovat kaliumin tavoin kationeja ja kilpailevat maassa samoista vaihtopaikoista. Kationien välillä voi olla myös kilpailua kasvin ravinteiden otossa. Kasviravinteena kalium, magnesium ja kalsium vaikuttavat muun muassa rehun kivennäisainekoostumukseen.

4.2.4 Tilastolliset menetelmät

Tilastoanalyysit tehtiin SAS 9.3 -tilasto-ohjelman MIXED-proseduurilla. Kukin paikkakunta, vuosi ja niitto käsiteltiin erikseen. Kasvinäytteille käytettiin mallia, jossa pääruutu (ei lietettä/liete), osaruutu (K-lannoitustasot) sekä näiden yhdysvaikutus olivat kiinteitä tekijöitä ja kerranne sekä kerranne×pääruutu-yhdysvaikutus satunnaistekijöitä. Parivertailut K-lannoitustasojen välillä tehtiin Tukeyn testillä.

Maanäytteiden tulokset analysoitiin mallilla, jossa kiinteinä tekijöinä olivat pääruutu, osaruutu ja näytteenotto- ja syvyys (0–25 cm ja 25–50 cm) sekä näiden kaikki yhdysvaikutukset. Satunnaisina tekijöinä olivat kerranne, kerranne×pääruutu-yhdysvaikutus sekä kerranne×näytteenotto- ja syvyys-yhdysvaikutus. Näytteenotto- ja syvyys oli toistotekijänä *Compound Symmetry*-kovarianssirakenteella.

Poikkeavat havainnot poistettiin aineistosta tarpeen mukaan. Yksittäisissä tapauksissa, joissa varianssien yhtäsuuruusoletus ei täytynyt, käytettiin muuttujamuunnoksia. Tilastollisen merkitsevyyden rajana käytettiin 0,05:ttä. Parivertailujen tilastolliset merkitsevyydet ($p < 0,05$) on esitetty liitteissä olevien taulukoiden arvoissa yläindeksinä niin, että a tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa K-tasoon 50 kg/ha, b K-tasoon 100 kg/ha, c K-tasoon 150 kg/ha ja d K-tasoon 200 kg/ha.

Taulukko 5. Maan lähtötilanne.

		Maaninka		Mikkeli		Ruukki	
		23.6.2011		14.6.2011		27.5.2011	
		0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Maalaji		Hht	Hht	KHt	KHt	KHt	KHt
Johtoluku	10xmS/cm	1.28	0.68	1.15	0.95	1.50	1.40
pH		6,7	6,6	5,9	5,9	6,8	6,9
Ca	mg/l	1800	1225	1095	768	1525	1475
P	mg/l	20	8	7	4	29	25
K	mg/l	138	130	82	63	116	113
Mg	mg/l	168	168	123	108	160	130
S	mg/l	6.8	7.1	13.2	13.3	15.5	13.4
Varasto-P	mg/l	997	957	334	295	697	722
Varasto-K*	mg/l	2913	2778	1315	2108	509	485
Varasto-Ca	mg/l	4063	3593	1860	1530	3523	3580
Varasto-Mg	mg/l	6225	6120	3450	4423	1450	1503
Org. C	%	2	1	4	1	3	3
KSr	%	0	0	0	0	0	0
HSr	%	0	0	1	0	0	0
KHk	%	1	0	0	0	2	1
HHk	%	5	3	7	8	22	21
KHt	%	29	27	40	43	49	51
Hht	%	29	30	33	32	14	14
KHs	%	14	15	12	12	5	5
HHs	%	10	12	3	2	3	2
Saves	%	13	13	5	4	6	7
Muut	%	0	0	0	0	0	0

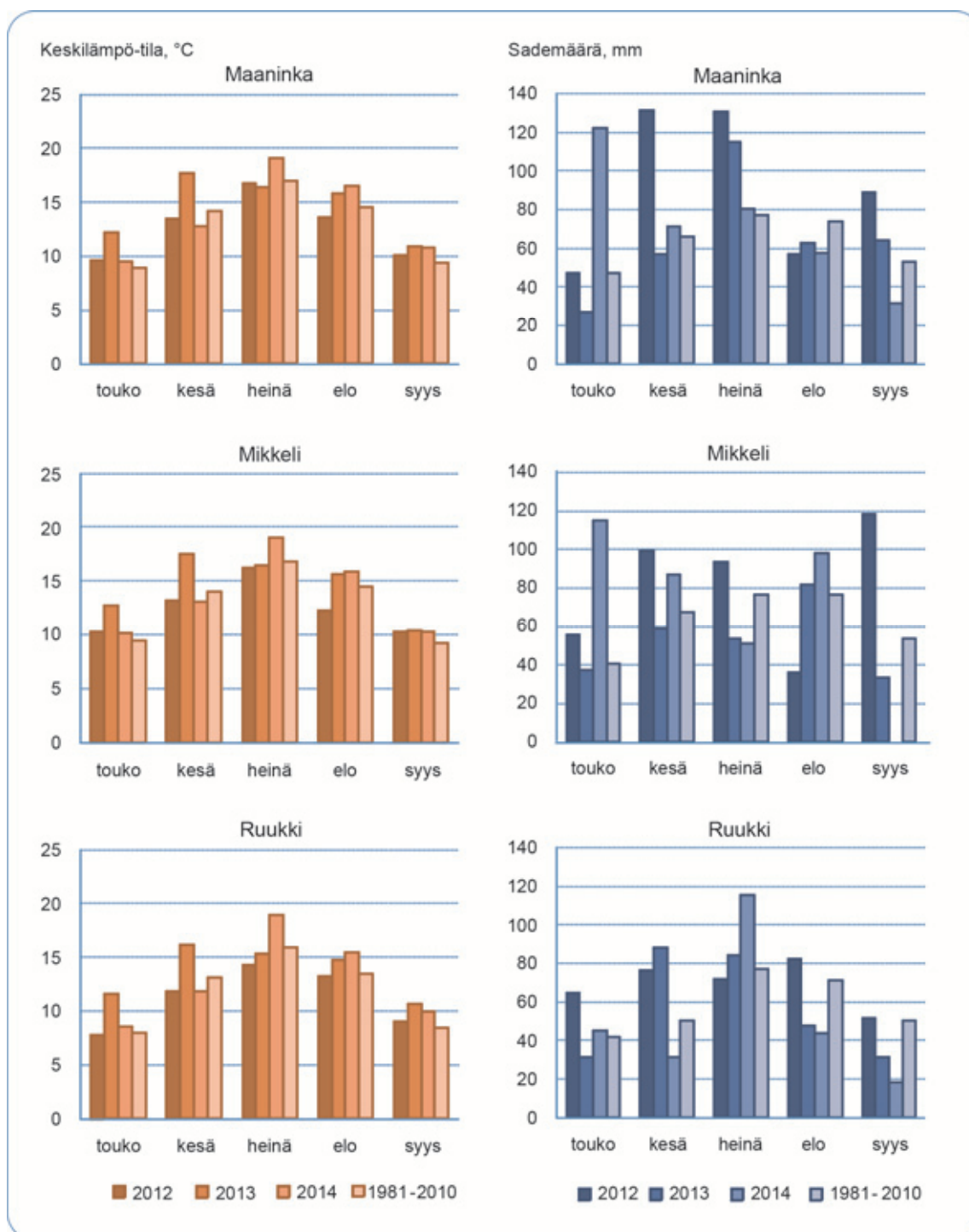
*Varasto-K = reservikalium



Kuva 9. Toisen sadon kasvustoa koeruuduilla vuonna 2014 Maaningalla. Kuva: Sanna Kykkänen.

4.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.3.1 Kasvukauden sää



Kuva 10. Kasvukauden kuukausittaiset keskilämpötilat ja sademäärät koepaikoilla. Vertailuarvona pitkänajan (1981–2010) keskiarvo. Mikkelin sademäärä syyskuulta 2014 puuttuu.

Kasvukausi 2012

Kasvukausi alkoi Maaningalla 6.5. Sekä keskilämpötila että sadesumma olivat toukokuussa lähellä pitkänajan keskiarvoa. Kesäkuu oli huomattavasti pitkänajan keskiarvoa (66 mm) sateisempi (131 mm) ja hieman keskimääräistä viileämpi. Myös heinäkuussa satoi paljon (131 mm) vertailukauden sademäärään (77 mm) verrattuna. Heinäkuun keskilämpötila oli tavanomainen. Elokuussa satoi hieman keskiarvoa (75 mm) vähemmän, 57 mm. Kuukauden keskilämpötila oli pitkänajan keskiarvoa vastaava. Syyskuu oli ta-

vanomaista sateisempi, mutta lämpötila pysyi edelleen pitkän ajan keskiarvossa. Lokakuun loppuun mennessä kertynyt lämpösusma oli 1236 °C vrk.

Mikkelissä kasvukausi alkoi 27.4. Toukokuu oli pitkänajan keskiarvoon verrattuna hieman lämpimämpi ja sateisempi (10,3 °C, 55 mm). Kesäkuu oli keskimääräistä hieman viileämpi ja selvästi sateisempi (99 mm, eroa keskimääräiseen 32 mm). Heinäkuun keskilämpötila oli lähellä pitkänajan keskiarvoa, ja sademäärä oli keskimääräistä suurempi (93 mm). Elokuun keskilämpötila oli noin kaksi astetta keskimääräistä matalampi (12,3 °C) ja kuukausi oli koko kasvukauden kuivin. Vettä satoi vain 36 mm, mikä on 41 mm vähemmän kuin keskimäärin. Syyskuu oli keskimääräistä lämpimämpi, mutta todella sateinen, sillä vettä satoi yli puolet enemmän kuin normaalisti, 118 mm. Lämpösusmaa kertyi lokakuun loppuun mennessä 1225 °C vrk.

Kasvukausi alkoi Ruukissa 7.5. Toukokuussa satoi hieman tavanomaista (42 mm) enemmän, noin 64 mm. Lämpötila vastasi pitkänajan keskiarvoa. Kesäkuu jatkui sateisena. Sadesusmaa kertyi 76 mm, mikä oli 26 mm enemmän kuin pitkänajan keskiarvo. Kesä- ja heinäkuu olivat hieman tavanomaista viileämpiä. Heinäkuussa sadesusma oli lähellä keskiarvoa. Sen sijaan elokuu oli hieman tavanomaista sateisempi. Sadesusmaksiksi kertyi 85 mm. Elokuun keskilämpötila ei poikennut juurikaan pitkänajan keskiarvosta. Syyskuu oli sekä sateiden että lämpötilan osalta lähellä keskiarvoa. Lämpösusmaa kertyi 1010 °C vrk.

Lokakuun loppuun mennessä kertynyt lämpösusma oli Maaningalla lähellä pitkänajan keskiarvoa (1250 °C vrk), Mikkelissä noin 40 astepäivää sen yläpuolella (pitkänajan keskiarvo 1262 °C vrk) ja Ruukissa noin 90 astepäivää pitkänajan keskiarvon (1098 °C vrk) alapuolella. Huhti-lokakuun välisenä aikana sademäärä on vuosien 1981–2010 välisenä aikana ollut Maaningalla keskimäärin 317 mm, Mikkelissä 315 mm ja Ruukissa 290 mm. Vuonna 2012 vuosi oli tavanomaista sateisempi kaikilla paikkakunnilla, mutta varsinkin Maaningalla (Maaninka 137 mm, Mikkelissä 87 mm ja Ruukissa 57 mm keskiarvoa enemmän).

Kasvukausi 2013

Maaningalla kasvukausi alkoi 6.5. Toukokuun keskilämpötila oli selvästi tavanomaista korkeampi ja sadanta pitkänajan keskiarvoon (47 mm) verrattuna vähäistä (27 mm). Kesäkuun sademäärä (57 mm) oli lähellä keskiarvoa (66 mm) ja keskilämpötila 3,5 astetta keskiarvon yläpuolella. Heinäkuun keskilämpötila oli lähes pitkänajan keskiarvoa vastaava, mutta kuu oli tavanomaista (77 mm) sateisempi (115 mm). Elo- ja syyskuun keskilämpötilat olivat asteen pitkänajan keskiarvoa korkeammat. Elokuu oli hieman keskivertoa (75 mm) kuivempi (63 mm) ja syyskuu sateisempi (64 mm, pitkän ajan keskiarvo 53 mm). Kasvukauden lämpösusmaksiksi muodostui 1513 °C vrk.

Kasvukausi alkoi Mikkelissä 29.4. Touko- ja kesäkuu olivat selvästi keskimääräistä lämpimämpiä (keskilämpötilat 12,7 ja 17,5 °C, pitkänajan keskiarvot 9,5 ja 14,0 °C). Toukokuun sademäärä oli keskimääräinen ja kesäkuun hieman pitkänajan keskiarvoa matalampi (59 mm). Heinäkuu oli keskilämpötilaltaan tavanomainen mutta normaalia kuivempi (sademäärä 53 mm). Elokuu oli hieman keskimääräistä lämpimämpi ja sademäärältään lähellä tavanomaista. Syyskuussa keskilämpötila oli 1,2 °C korkeampi ja sademäärä 21 mm vähemmän kuin pitkänajan keskiarvo. Lämpösusma 31.10. oli 1519 °C vrk.

Kasvukausi alkoi Ruukissa 6.5. Toukokuun keskilämpötila oli lähes neljä astetta vertailukauden keskiarvoa korkeampi ja sadetta saatiin tavanomaista (41 mm) vähemmän (31 mm). Kesäkuu oli poikkeuksellisen lämmin ja sateinen. Heinäkuun keskilämpötila ja sadanta olivat lähellä pitkänajan keskiarvoja (15,9 °C ja 77 mm). Elo- ja syyskuu olivat tavanomaista lämpimämpiä ja kuivempia. Kasvukauden lämpösusmaksiksi muodostui 1381 °C vrk.

Kasvukausi 2013, varsinkin sen alku, oli poikkeuksellisen lämmin. Lämpösusmaa kertyi joka paikkakunnalla 260–280 astepäivää enemmän kuin keskimäärin. Maaningalla ja Ruukissa huhti-lokakuun aikana kertynyt sadesusma oli hyvin lähellä pitkänajan keskiarvoa, mutta Mikkelissä oli keskimääräistä kuivempaa (sadesusma 264 mm).

Kasvukausi 2014

Kasvukausi Maaningalla alkoi 17.4. Toukokuun keskilämpötila oli melko tavanomainen, mutta sademäärä (122 mm) oli toukokuun sateiksi poikkeavan korkea. Kesäkuussa vettä satoi vain hieman tavanomaista enemmän, 71 mm. Heinäkuu oli koivuosiin heinäkuista lämpimin (keskilämpötila 19,1 °C), mutta sademäärältään tavanomainen, eli selvästi vähäsateisempi kuin vuosina 2012 ja 2013. Elokuu oli kaksi astetta

keskimääräistä lämpimämpi (16,5 °C) ja sademäärältään samankaltainen kuin muut koevuodet. Syyskuun keskilämpötila oli hieman pitkänajan keskiarvoa korkeampi, kuten myös vuosina 2012 ja 2013, mutta sademäärä jäi vain 31 millimetriin, joka oli selvästi vähemmän kuin tavallisesti. Lämpösummaa oli loka-kuun loppuun mennessä kertynyt 1402 °C vrk.

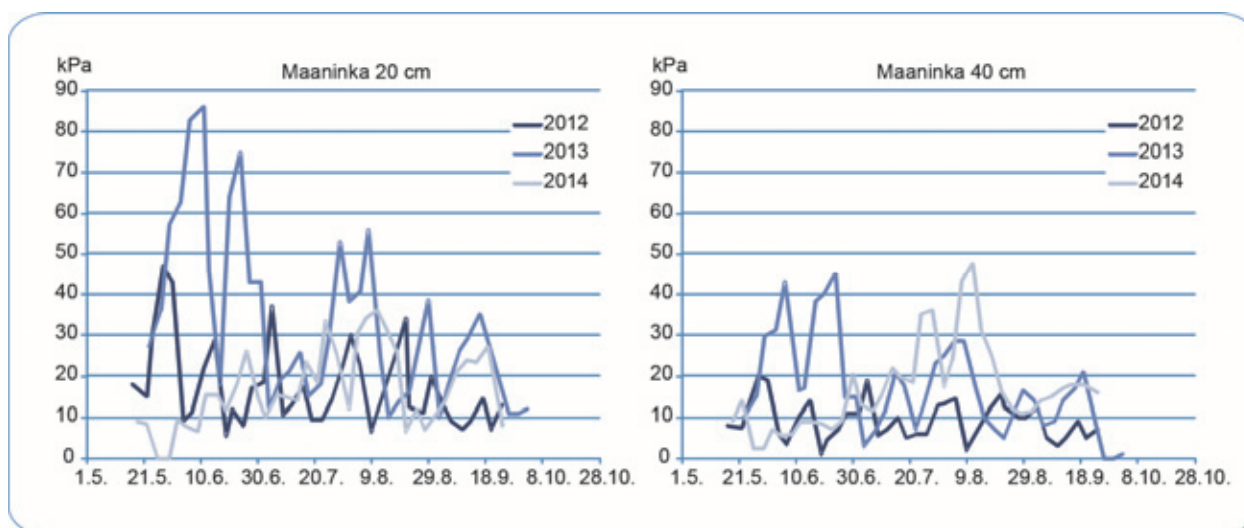
Kasvukausi alkoi Mikkelissä 17.4. Touko- ja kesäkuu olivat keskilämpötilaltaan samaa tasoa vuoden 2012 kanssa, mutta toukokuun sademäärä oli poikkeuksellisen korkea (115 mm). Kesäkuussakin vettä satoi 20 mm pitkänajan keskiarvoa enemmän, yhteensä 87 mm. Heinäkuu oli Mikkelissäkin koevuosien heinäkuista lämpimin ja kuivin (19,1 °C, 51 mm). Elo- ja syyskuun keskilämpötilat olivat samankaltaiset kuin vuonna 2013, eli hieman keskimääräistä korkeammat. Elokuussa satoi 98 mm. Syyskuun sademäärä Mikkelistä puuttuu. Lämpösummaa kertyi lokakuun loppuun mennessä 1418 °C vrk.

Ruukissa kasvukausi alkoi 15.5. Toukokuun keskilämpötila ja sademäärä olivat tavanomaisia, eikä Ruukissa ollut runsaita sateita kuten Maaningalla ja Mikkelissä. Kesäkuu oli keskilämpötilaltaan vuoden 2012 tasoa ja hyvin kuiva (sademäärä 31 mm). Heinäkuu oli poikkeuksellisen lämmin kuten muillakin koepaikoilla, ja kesän sateet painottuivat sille. Vettä satoi heinäkuun aikana 115 mm. Elokuu oli noin kaksi astetta tavanomaista lämpimämpi (15,4 °C) ja yhtä kuiva kuin vuonna 2013 (sademäärä 44 mm). Syyskuu oli tavanomaista lämpimämpi ja vettä satoi vain 18 mm. Lämpösummaa kertyi 1260 °C vrk.

Lämpösummaa kertyi koepaikoilla lokakuun loppuun mennessä 150–160 astepäivää enemmän kuin keskimääräisenä kesänä. Maaningalla ja Mikkelissä sadesumma oli keskimääräistä korkeampi toukokuisten rankkojen sateiden vuoksi, mutta Ruukissa jäätii lähes 40 mm keskiarvon alle.

Maan kosteus

Maan kosteutta mitattiin tensiometreillä, jotka mittaavat veden määrää maassa alipaineen avulla. Mitä korkeampia lukemia mittari antaa, sitä kuivempaa maa on. Kuvassa 11 esitetään Maaningan maankosteusmittaukset 20 cm ja 40 cm syvyydestä. Eri vuosina maan kosteus on vaihdellut etenkin alkukesästä, jolloin vuonna 2013 oli tavallista kuivempaa ja lämpimämpää, ja vuonna 2014 puolestaan hyvin sateista. Vuonna 2013 heinäkuu näkyy sateisempänä, jonka jälkeen on taas ollut kuivempaa. Mikkelissä ja Ruukissa maankosteuslukemissa ei ollut nähtävissä yhtä selkeitä nousuja ja laskuja kuin Maaningalla, vaan maa oli melko tasaisen kostea läpi kasvukauden. Maaningan poikkeukselliset sääolot näkyvät myös tutkimustuloksissa.



Kuva 11. Maan kosteuskäyrät Maaningan koalueelta 20 cm ja 40 cm:n syvyydestä. kPa = kilopascal. Suurempi alipainelukema tarkoittaa kuivempaa maata.

4.3.2 Kaliumpitoisuuden muutokset maassa

Reservikaliumin määrä maassa on esisijaisesti riippuvainen maan mineralogiasta (Andrist-Rangel 2008, Hartikainen 2009a). Kun lähtöaineena on runsaasti kaliumia sisältävää ja helposti rapautuvaa kiillettä ja savimineraaleja, maat ovat yleensä reservikaliumiltaan rikkaita. Sen sijaan heikosti rapautuva maasälpä ja kvartsi ovat tyypillisiä heikon reservikaliumtilan maille. Reservikaliumin määrään vaikuttaa myös maa-aineksen lajitekoko. Karkearakeiset hieta- ja hiekkafraktiot sisältävät runsaasti kvartsia ja maasälpää, kun taas helpommin rapautuvien kiilteiden osuus kasvaa hiukkaskoon pienetessä (hiesufraktio).

Koepaikkojen maalajit erosivat vain vähän toisistaan (Taulukko 5). Maaningalla peltomaa oli hienoa hie-
taa ja Ruukissa sekä Mikkeliissä karkeaa hie-
taa. Mikkeliissä maa oli selvästi karkeaa, sen savespitoisuus oli matala ja hiekan sekä hiedan määrä korkea. Ruukissakin maa sisälsi vain vähän savesta, mutta hienon hiedan ja karkean hiesun osuus oli suhteessa suurempi kuin Mikkeliissä. Maaningalla savesta oli selvästi enemmän kuin muilla paikkakunnilla ja partikkelikooltaan pienten lajitteiden osuus oli kaiken kaikkiaan suurempi.

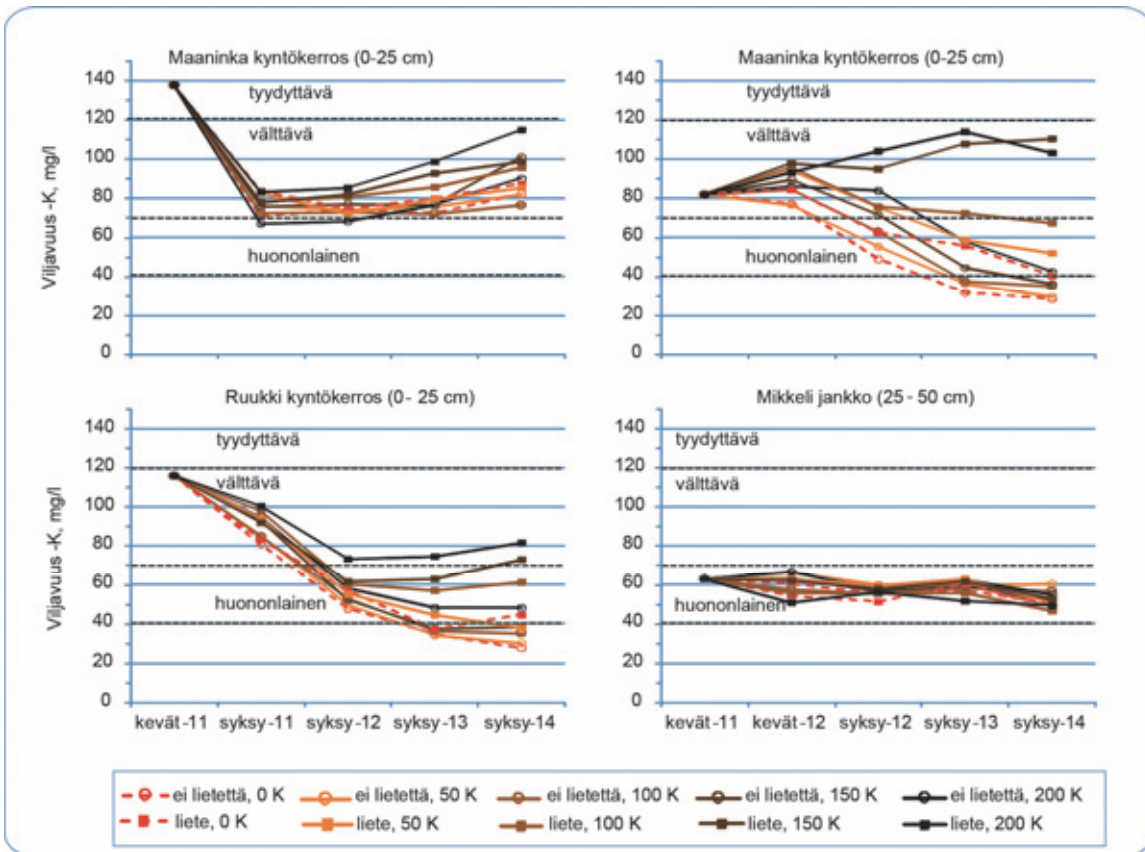
Kokeen alussa viljavuuskalium oli kaikissa maissa viljavuusluokassa välttävä tai huononlainen. Reservikaliumin määrä maassa kuitenkin vaihteli (Taulukko 5). Maaningalla, missä maan savespitoisuus oli korkein ja maa oli muutenkin hienojakoista, reservikaliumia oli maassa runsaasti sekä kyntökerroksessa (0–25 cm; 2900 mg/l) että jankossa (25–50 cm; 2800 mg/l). Myös Mikkeliissä maan reservikaliumpitoisuus oli suhteellisen korkea sekä kyntökerroksessa (1300 mg/l) että jankossa (2100 mg/l). Ruukissa maan reservikaliumtila osoittautui hyvin vaihtelevaksi. Koealueella koeruutujen reservikaliumpitoisuus vaihteli kyntökerroksessa keväällä 2012 välillä 329–532 mg/l (keskimäärin 448 mg/l) ja jankossa 273–1420 mg/l (keskimäärin 788 mg/l). Kerrannekohtaisten alkumaanäytteiden keskiarvon (485 mg/l; Taulukko 5) perusteella maan reservikaliumtila jankossa oli alhainen, mutta todellisuudessa se oli osassa ruutuja varsin korkea. Korkeita (> 1000 mg/l) arvoja esiintyi kauttaaltaan kerranteella 2, neljällä ruudulla kerranteen 4 lietepääruudulla ja yhdellä ruudulla kerranteen 1 ei lietettä-pääruudulla.

Kuvissa 12 ja 13 esitetään sekä viljavuuskaliumin että reservikaliumin määrän muutos kyntökerroksessa koejäsenittäin kullakin paikkakunnalla koejakson aikana. Lisäksi esitetään sama Mikkelin jankosta, koska siellä jankon kaliumtila erosi selvästi pintamaasta. Liitteissä 1 ja 2 esitetään nurmikierron päätyttyä syksyllä 2014 otettujen maanäytteiden tulokset sekä kyntökerroksessa että jankossa. Kaliumlannoitus nosti maan viljavuuskaliumpitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi Mikkeliissä ja Ruukissa kaikkina nurmivuosi-
na ja Maaningalla vuonna 2014 (Liitteet 1 ja 2). Mitä korkeampi lannoitustaso oli, sitä korkeampi oli viljavuuskaliumpitoisuus. Lietettä saaneilla ruuduilla muutos maan viljavuuskaliumtilassa oli selvempi, mikä perustuu lietteen mukana tulleeseen kaliumiin. K-tasojen ja lietteen yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä vain Ruukissa viimeisenä koevuotena 2014. Kaiken kaikkiaan kyntökerroksen viljavuuskalium reagoi lannoitukseen herkemmin kuin jankon viljavuuskalium.

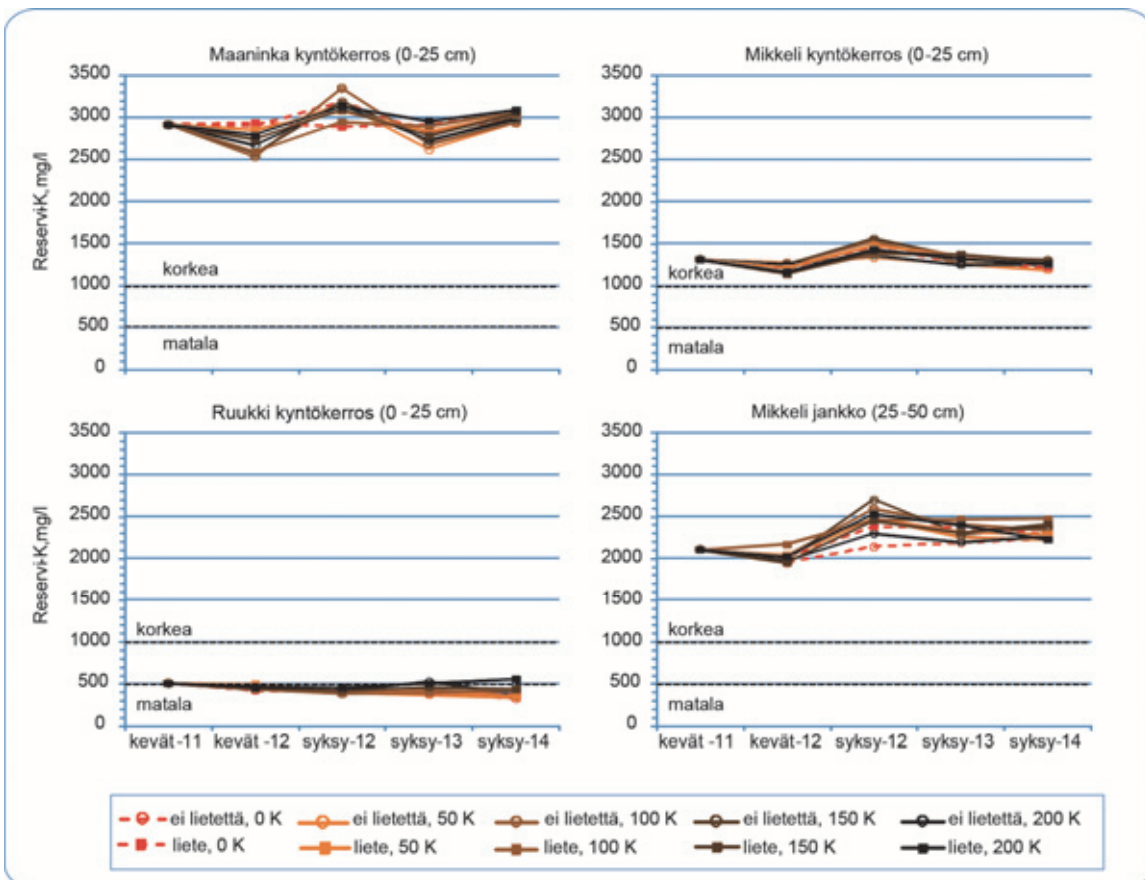
Koejakson aikana kyntökerroksen kaliumtila laski vähintään yhden viljavuusluokan kokonaislannoitus-
tasosta riippumatta kaikilla paikkakunnilla ja lähes kaikissa käsittelyissä. Ainoastaan Mikkeliissä lietepää-
ruudussa kaliumlannoitustasoilla 150 ja 200 kg/ha/v kaliumtila nousi lähes tasolle tyydyttävä.

Maan reservikaliumtila vaihteli näytteenotto-
syvyyden mukaan (Liitteet 1 ja 2). Syvyyden vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä Maaningalla ja Mikkeliissä. Myös Ruukissa ero oli lähes merkitsevä ($p=0,064$). Reservikaliumia oli jankossa poikkeuksetta kyntökerrosta enemmän. Lannoitus ei muuttanut maan reservikaliumtilaa neljän koevuoden aikana (Kuva 13). Maan reservikaliumtila on siten melko stabiili. Lyhyen aikavälin muutokset liittyvät maa-aineksen kykyyn sitoa kaliumia takaisin hilarakenteisiin (fiksaatio) ja toisaalta luovuttaa sitä (rapautuminen). Pidemmällä aikavälillä myös maan reservikaliumin määrä todennäköisesti laskee.

Viljavuuskaliumin määrä maassa vaihtelee huomattavasti reservikaliumia herkemmin, eikä korkea reservikaliumtila johda välttämättä korkeaan viljavuuskaliumin määrään maassa. Nurmien runsas kaliuminotto voi johtaa maan viljavuuskaliumin nopeaan laskuun (Koikkalainen ym. 1990, Saarela ym. 1998, Saarela 2001), vaikka reservikaliumin määrä maassa ei muuttuisi. Juuri tämä epäsuhta voi johtaa liian korkeaan tai toisaalta matalaan kaliumlannoitukseen nurmilla. Viljavuuskaliumin määrää maassa on vaikeaa tai lähes mahdotonta nostaa järkevällä lannoitusmäärällä edes reservikaliumiltaan köyhillä mailla. Korkean reservikaliumin mailla, jossa on runsaasti sitoutumispaikkoja kaliumille, viljavuuskalium ei reagoi lannoitukseen yhtä voimakkaasti.



Kuva12. Maan viljavuuskaliumin muutos maan pintakerroksessa kullakin koepaikalla sekä jankossa Mikkelissä.

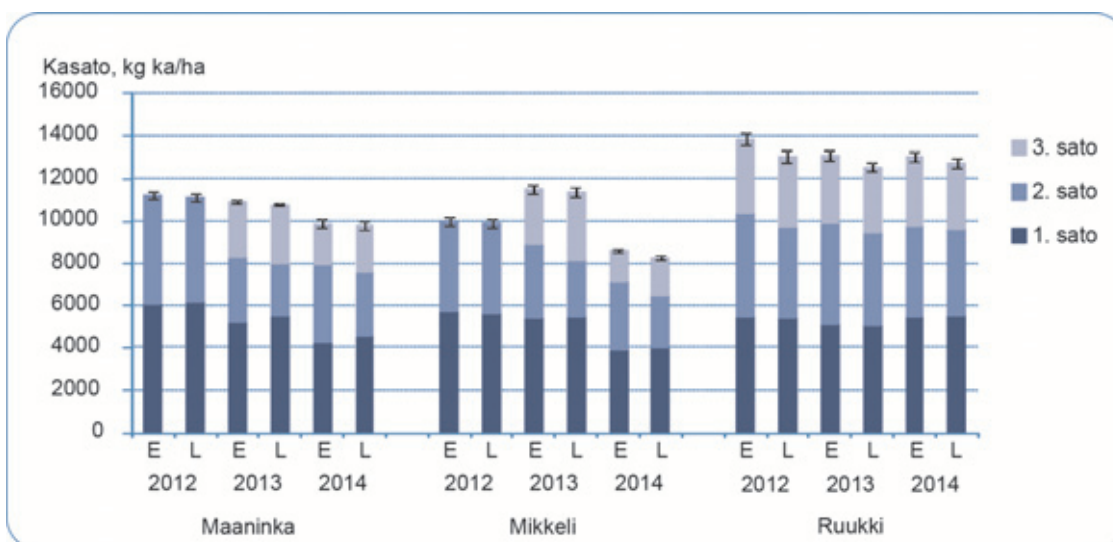


Kuva 13. Maan reservikaliumin muutos maan pintakerroksessa kullakin koepaikalla sekä jankossa Mikkelissä.

4.3.3 Kuiva-ainesato ja talvituhot

Ruukissa koeruudut niitettiin hyvän jälkikasvun takia kolme kertaa kaikkina koevuosina. Maaningalla ja Mikkeliissä vuonna 2012 ruudut niitettiin kahdesti, ja vuosina 2013 ja 2014 kolme kertaa. Vuonna 2014 kolmannen niiton satotaso jäi varsin matalaksi. Koejakson satotaso oli Ruukissa, Maaningan ja Mikkelin satotasoa korkeampi, mikä on havaittu aiemmissakin tutkimuksissa. Satotasoa vertaillaessa on hyvä huomioida, että Ruukin kokeessa tapahtui kylvövirhe, jonka vuoksi ruuduilta puuttui 1–2 kylvöriiviä. Tämä huomioitiin korjaamalla hehtaarisadon laskukaavassa käytettävää ruutupinta-alaa. Toimenpide on voinut korostaa korkeaa satotasoa entisestään. Kuvassa 14 esitetään keskimääräiset ei lietettä- ja lietepääruutujen kuiva-ainesadot, jotka on laskettu eri kaliumlannoitustasojen keskiarvona. Tarkemmat satotulokset koepaikoittain esitetään liitteissä 3–5.

Suomalaisista nurmen kaliumlannoitustutkimuksista tehdyn meta-analyysin (Virkajärvi ym. 2014) perusteella kaliumlannoitukselle ei odotettu saatavan satovastetta ainakaan Maaningalla. Mikkeliissäkin satovasteen odotettiin olevan hyvin pieni ja ilmenevän korkeintaan viimeisenä koevuotena. Selvin satovaste odotettiin saatavaksi Ruukin heikohkon reservikaliumtilan maalta. Tutkimuksen tulokset eivät täysin vastanneet odotuksia, vaikkakin kolmen nurmivuoden aikana kolmella koepaikkakunnalla vain kaksi kertaa kaliumlannoitus tuotti tilastollisesti merkitsevän sadonlisän vuoden kokonaissatoon. Tutkimuksessa lannoitusvasteet havaittiin kuitenkin korkean reservikaliumin mailla Maaningalla ja Mikkeliissä. Kaliumlannoitus nosti kokonaiskuiva-ainesatoa tilastollisesti merkitsevästi Maaningalla vuonna 2013 ja Mikkeliissä vuonna 2014. Alhaisinkin kaliumlannoitustaso (50 kg K/ha/v) näytti riittävän täyttämään kaliumlannoitustarpeen kaikkina koevuosina, eikä erilaisilla kaliumlannoitusmäärillä saatu tilastollisesti merkitseviä eroja kuiva-ainesatoon.



Kuva 14. Kuiva-ainesadot koepaikoittain eri vuosina. E = ei lietettä-pääruutu. L = lietepääruutu. Virhepalkit ovat kokonaissadon keskiarvon keskivirheet.

Maaningalla vuoden 2013 ensimmäisessä sadossa K-taso 0 tuotti matalamman sadon kuin K-tasot 50, 100, ja 200 ($p=0,001$, Liite 3). Sadonlisä oli keskimäärin 300 kg ka/ha. Vuoden kokonaissadossa ainoastaan K-taso 50 tuotti nollaruutua paremman sadon ($p=0,015$). Vuonna 2014 ero oli melkein merkitsevä ensimmäisessä ja kolmannessa sadossa ($p=0,094$ ja $p=0,066$). Ilmiö oli nähtävissä sekä ei lietettä- että lietepääruuduilla. Lietepääruudulla sadonlisä oli nollaruutuun verrattuna matalampi kuin ei lietettä -pääruudulla. Kaliumin, kuten muidenkin ravinteiden, ottoon vaikuttaa maan ravinnetilan lisäksi maan kosteus ja mururakenne. Kuivassa ja toisaalta hyvin märässä, tai rakenteeltaan heikossa maassa juuriston kasvu voi kärsiä, mikä heikentää ravinteidenoton tehokkuutta. Vuonna 2013 ensimmäinen sato kehittyi keskimääräistä lämpimämmässä ja vähäsateisemmassa säässä. Maa oli myös hyvin kuivaa (Kuva 11). On mahdollista, että edellytykset ravinteiden otolle ovat olleet heikot ja siten kaliumlannoituksella on mahdollisesti pystytty nostamaan helposti käyttökelpoisen kaliumin määrää maassa ja turvaamaan nurmen kaliuminotto paremmin. Myös vuonna 2014 juuriston heikko kasvu on voinut olla syynä lievään lannoitusvasteeseen ensimmäisessä ja kolmannessa sadossa. Vuoden 2014 alkukesä oli ennätysateinen, kun sadetta saatiin lähes kolme kertaa tavanomaista enemmän. Runsaat sateet näkyivät myös maan kosteudessa, joka oli poikkeuksellisen korkea sekä pintamaassa että pohjamaassa (Kuva 11). Sadon kalium-

pitoisuuden perusteella kasvusto ei kuitenkaan kärsinyt kaliumin puutteesta missään vaiheessa (ks. kpl 4.3.5). Kaliumpuutteen rajana pidetään pitoisuutta < 17,0 g/kg ka (Virkajärvi ym. 2014). Raja-arvo vaihtelee hieman kasvilajista riippuen. Myöskään kasvuston KN-suhteen perusteella kasvusto ei ole kärsinyt kaliumin puutteesta (ks. kpl 4.3.6).

Myöskään Mikkelissä satotasoeroja ei ollut havaittavissa ensimmäisenä nurmivuonna. Vuonna 2013 toisen sadon yhdysvaikutusermi oli tilastollisesti merkitsevä. Lietepääruudulla K-taso 0 tuotti kaikista suurimman sadon, kun taas ei lietettä -ruuduilla sato oli numeroarvoisesti matalin (tosin ero K-tasoon 150 oli vain 20 kg ka/ha). Vuonna 2014 K-taso 0 tuotti matalamman toisen sadon kuin K-tasot 100, 150 ja 200 ja matalamman kolmannen sadon kuin K-tasot 150 ja 200 (Liite 4). Ilmiö on havaittavissa nimenomaan ei lietettä -pääruuduilla, missä nollaruudun kokonaissato oli enimmillään 1000 kg ka pienempi kuin kaliumlannoituksen saaneen ruudun. Tämä kertoo lietteen kaliumin riittäneen täyttämään kaliumlannoitustarpeen. Mikkelissä maan reservikaliumtila oli kyntökerroksessa noin 1000 mg/l maata ja jankossa 2000 mg/l, mitä voidaan pitää hyvänä. Siten sadonlisä viimeisenä vuonna on aiempiin tutkimuksiin nähden hieman yllättävä (Virkajärvi ym. 2014). Vuoden 2014 toukokuu oli Mikkelissä ennätysstateinen. Sademäärä 114 mm on pitkän ajan keskiarvoon verrattuna kolminkertainen. On mahdollista, että märissä olosuhteissa juuriston kasvu on heikentynyt, mikä näkyy vielä toisessa ja kolmannessa sadossa. Toisaalta rankat sateet voivat myös huuhtoa kaliumia. Kasvuston kaliumpitoisuuden perusteella ei lietettä-pääruudulla nurmen kaliumpitoisuus laske heti vuonna 2012 toisessa sadossa alle 17 g/kg ka (ks. kpl 4.3.5), mikä viittaa lievään kaliumin puutokseen.

Ruukissa kaliumlannoituksella ei ollut nähtävissä mitään vaikutusta satotasoon kahtena ensimmäisenä vuonna, mutta vuonna 2014 nollaruutu alkoi erottua muista (Liite 5). Ensimmäisessä sadossa nollaruudun satotaso oli ei lietettä -pääruudulla noin 400 kg ka/ha muita alhaisempi, mutta p-arvo ei ollut aivan tilastollisesti merkitsevä ($p=0,073$). Toisessa sadossa liete×K-taso-yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä. Ei lietettä -pääruudulla nollaruudun satotaso oli siis matalampi kuin muilla (-470 kg ka/ha), mutta liete-pääruudulla eroa ei ollut. Kaliumlannoituksen vähäinen vaikutus satotasoon maan alhaisesta reservikaliumpitoisuudesta huolimatta voi johtua koealueelle vuonna 2009 levitetystä biotiitista. Toisaalta reservikaliumluokassa 500–1000 mg/l maata lannoituksen satovaste on ollut aiemminkin hyvin vaihteleva (Virkajärvi ym. 2014). Jonkin verran tuloksiin on voinut vaikuttaa etenkin jankossa maan vaihteleva reservikaliumtila. Tämä ei kuitenkaan selitä täysin tuloksia. Yhtenä merkittävänä tekijänä voi olla se, että Ruukki sijaitsee Pohjanmaalla, missä esiintyy runsaasti sulfaattimaita. Sulfaattimaat ovat syntyneet maan koamoamisen seurauksena, kun hapettomat maakerrokset ovat joutuneet kosketuksiin hapen kanssa (Hartikainen 2009b). Maille on tyypillistä runsas ammoniumtyppipitoisuus (Yli-Halla 2010). Koska kasvit voivat hyödyntää ammoniumtyyppiä typenlähteenä, on mahdollista, että Ruukissa mitatut runsaat sadot liittyvät runsaaseen typen saatavuuteen. Runsaat typpilannoituksen on todettu lisäävän muun muassa kaliumin ja fosforin ottoa. Tämä voisi selittää poikkeuksellisen hyvän kaliumin oton.

Liete-päävaikutuksen merkitsevyys ei liity ainoastaan kaliumiin vaan myös tyypeen. Lietteen liukoinen tyyppi täydennettiin Suomensalpietarilla, mutta koska lietteen levityshetken tarkkaa liukoisen typen pitoisuutta ei tiedetty, pääruutujen typpilannoitus ei ole aina ollut toisessa sadossa yhtä suuri. Toisessa sadossa liete-pääruudun satotaso jäi usein väkilannoituspääruutua matalammaksi, kun taas kolmannessa sadossa satotaso saattoi olla suurempi. Maaningalla lietteellä oli jälkivaikutusta seuraavaan vuoteen: vuosina 2013 ja 2014 ensimmäinen sato oli hieman korkeampi liete-pääruuduilla (n. 300 kg ka/ha, $p=0,010$ ja $p=0,012$).

Vaikka kokeessa kaliumlannoitus tuotti sadonlisän joissakin tilanteissa ja nimenomaan reservikaliumtilaltaan hyvillä mailla, on syytä tarkastella riittävää lannoitustasoa suositusten mukaiseen lannoitukseen verrattuna. Maan viljavuuskaliumin määrään perustuva suositusten mukainen kaliumlannoitus olisi kokeen ensimmäisenä vuonna ollut 130 kg/v (30 + 50 +50) kaikilla koepaikkakunnilla ja kokeen päätteeksi 130–170 kg/v riippuen koepaikasta. Vaikka kaliumlannoitus tuotti sadonlisän joissakin tilanteissa (odotusten vastaisesti), kaliumlannoituksen tarve oli huomattavasti pienempi, mitä viljavuuskaliumin määrään perustuvat suositukset ohjeistavat. Kaliumlannoitustaso 50 kg/v riitti täyttämään lannoitustarpeen kaikissa tilanteissa ja yleisesti pelkästään lietteen mukana tullut kalium oli riittävä. Optimaalinen lannoitustaso on siten huomattavasti suositusten alapuolella ja lannoitusta muuttamalla voidaan saada huomattava säästö lannoituskustannuksiin. Tulosten perusteella voidaan myös reservikaliumia pitää viljavuuskaliumiin verrattuna parempana kaliumtarpeen ennustajana.

Kaliumlannoituksen tärkeys liitetään usein nurmien talvehtimiseen, sen suolatasapainoon ja hiilihydraattimetaboliaan liittyvän roolin vuoksi (Virkajärvi ym. 2014). Suomalaisissa peltokokeissa kaliumlannoit-

tuksesta saatava hyöty talvehtimisen kannalta on ollut hyvin satunnainen. Ankaran talven alueella voidaan kaliumlannoituksella joissain tapauksissa vähentää talvituhoja, jos maan kaliumtila on luontaisesti todella heikko. Kaiken kaikkiaan talvituhoihin vaikuttaa kaliumlannoitusta selvästi enemmän talven ankaruus ja lumipeitteisyys (esim. Koikkalainen ym. 1990, Vuorinen 1989). Yleisesti kaliumlannoituksella ja talvituhoilla ei ole havaittu olevan juurikaan yhteyttä (esim. Valmari 1978, Tähtinen 1979, Virkajärvi ym. 2014).

Tässä kokeessa koejäsenten välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja talvituhoissa minään vuonna millään paikkakunnalla. Taulukossa 6 esitetään talvituhoprosentit koko kokeella keskimäärin ja erikseen nollaruuduilla, jotka eivät saaneet ollenkaan kaliumia koko kokeen aikana. Nollaruutujen eroa muista ei ole havaittavissa.

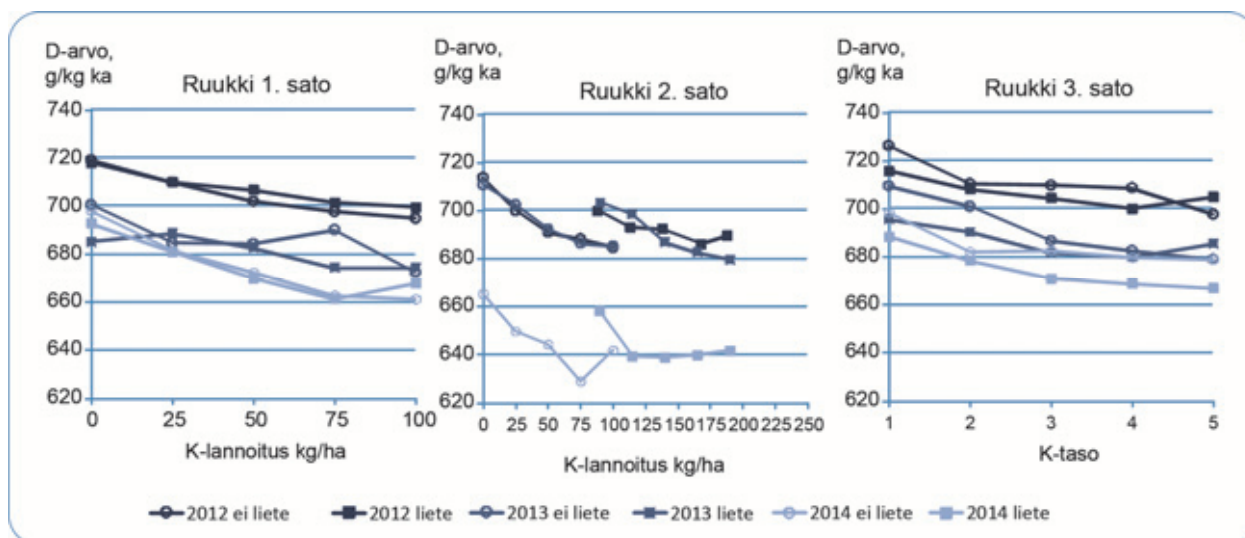
Taulukko 6. Talvituhoprosentit kaikilla koejäsenillä keskimäärin sekä koejäsenellä ei lietettä & K-taso 0, joka ei saanut ollenkaan kaliumia koko kokeen aikana. Mikkelin ja Ruukin ensimmäisen syksyn syystiheysmääritykset puuttuvat.

	Keskimäärin			Ei lietettä & K-taso 0 -ruudut		
	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2011–2012	2012–2013	2013–2014
Maaninka	2 %	6 %	0 %	3 %	6 %	0 %
Mikkeli	.	13 %	5 %	.	13 %	3 %
Ruukki	.	13 %	10 %	.	11 %	6 %

4.3.4 D-arvo

Kaliumlannoituksella oli selkeä vaikutus sadon sulavuuteen. K-taso oli aina tilastollisesti merkitsevä Maaningan vuoden 2012 ensimmäistä niittoa lukuun ottamatta (Liitteet 6–8). Kaliumlannoitustason noustessa D-arvo laski: erotus K-tasojen 0 ja 200 välillä oli keskimäärin 22 g/kg ka. Esimerkkinä D-arvon käyttäytymisestä kaliumlannoituksen kasvaessa esitetään Ruukin aineistosta piirretyt kuvat (Kuva 15).

D-arvon lasku selittyy tuhkapitoisuuden nousulla. Kivennäisaineiden lisääntyminen kasvissa nostaa tuhkapitoisuutta. Esimerkiksi Ruukissa vuonna 2014 tuhkapitoisuus nousi 1. sadossa 20 g/kg ka (K-taso 0 65 g/kg ka, K-taso 200 85 g/kg ka). Sekä toisessa että kolmannessa sadossa vastaavat tuhkapitoisuudet olivat K-tasolla 0 82 g/kg ka ja K-tasolla 200 95 g/kg ka. Tuhka koostuu rehun epäorgaanisesta aineksesta, siten sen lisääntyminen laskee sulavan orgaanisen aineksen osuutta sadossa ($D\text{-arvo} = (1000 - \text{tuhka}) \times \text{orgaanisen aineen sulavuus}$). Liete-päävaikutus ei ollut koskaan merkitsevä toisessa sadossa, jolloin lietettä annettiin. Ensimmäisessä ja kolmannessa sadossa D-arvon liete-päävaikutus oli toisinaan tilastollisesti merkitsevä, mikä näytti pääasiassa – mutta ei aina – johtuvan erosta kuiva-ainesatotasossa.



Kuva 15. D-arvon kehitys Ruukissa ensimmäisessä, toisessa ja kolmannessa sadossa eri vuosina. Kolmannelle sadolle ei annettu kaliumlannoitusta, joten vaaka-akselilla on lannoitustasojen järjestysnumerot (1 = K-taso 0 jne).

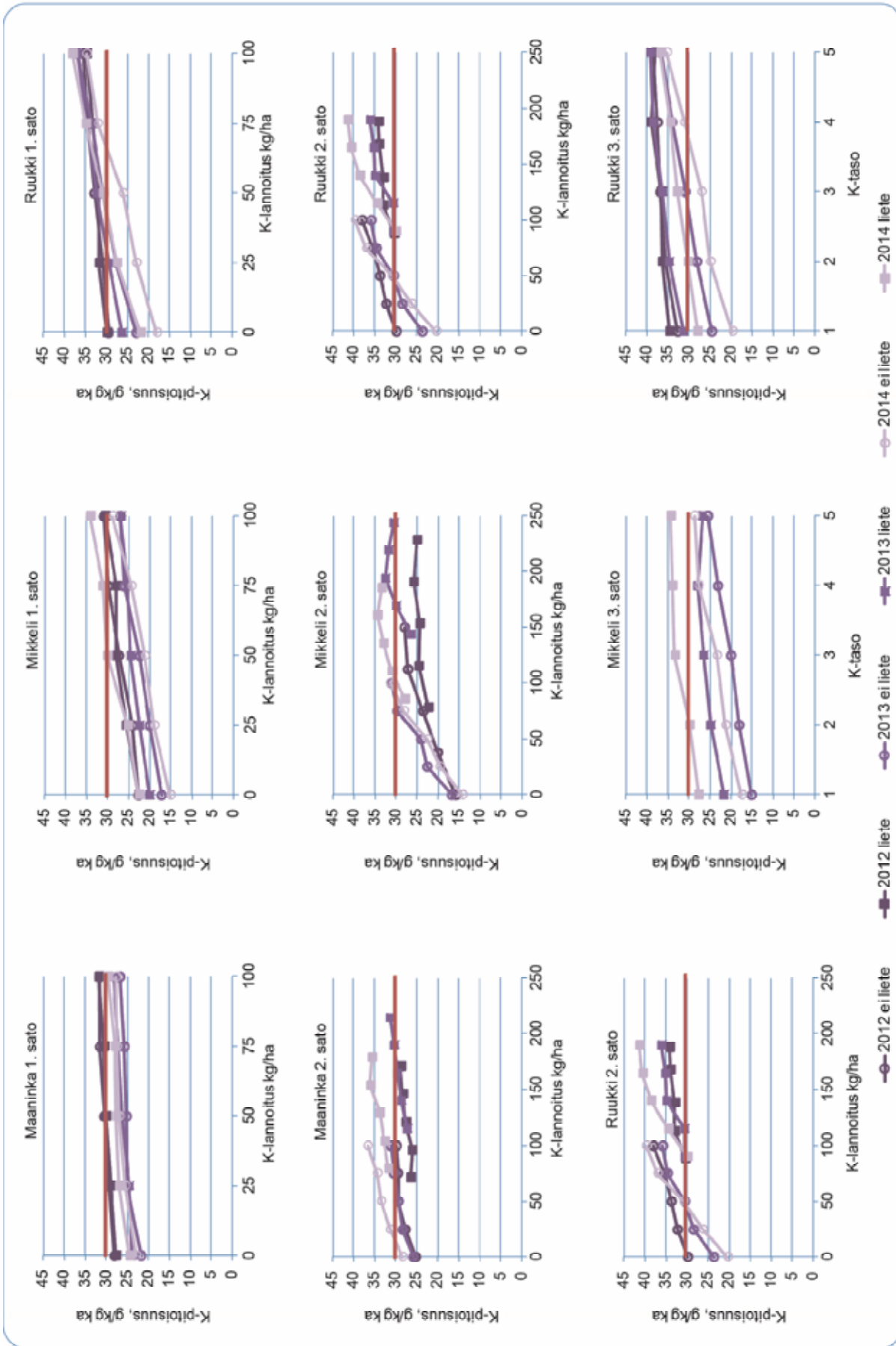
4.3.5 K-pitoisuus

Nurmet ottavat kaliumia rajoituksetta, joten kasvuston kaliumpitoisuus nousee mitä enemmän kaliumia on saatavilla (Hopper & Clement 1966). Nurmien kasvun kannalta kriittisen kaliumpitoisuuden raja vaihtelee kasvilajien välillä, ja toisaalta tutkimukset ovat antaneet hieman eriäviä raja-arvoja. Kaliumlannoituskokeista tehdyn meta-analyysin perusteella vähintään 95 % maksimisadosta saatiin, kun kasvuston kaliumpitoisuus oli välillä 17,5–20 g/kg ka (Virkajärvi ym. 2014). Myös tästä alempia pitoisuuksia on esitetty (Virkajärvi & Huhta 1994, Anderson ym. 2007). Tässä tutkimuksessa raja-arvona pidetään 17 g/kg ka. Vaikka kasvi ei kärsi kaliumpitoisuuden noususta, märehitjän terveyden kannalta dieetin liiallinen kaliumpitoisuus on ongelma (Goff 2006). Yleisesti rehun kaliumpitoisuus ei saisi nousta yli 30 g/kg ka. Jos pitoisuus ylittyy, voi muiden kationien (Mg, Ca) imeytyminen verenkiertoon häiriintyä. Seurauksena on kohonnut riski laidun- ja poikimahalvaukseen.

Kokeen satokohtaiset kaliumpitoisuudet on koottu kuvaan 16. Kaliumpitoisuudet on myös esitetty lukuina liitteissä 9–17). Kaliumlannoitus nosti kasvuston kaliumpitoisuutta odotetusti kaikilla koepaikoilla kaikkina koevuosina ($p < 0,001$). Korkeimman reservikaliumtilan maalla Maaningalla nurmen kaliumpitoisuus pysyi suhteellisen korkeana myös kaliumtasolla 0. Sen sijaan Mikkeliissä kasvuston kaliumpitoisuus ei liettetty -pääruudulla lannoitustasolla 0 laski kaliumpuutteen rajalle tai sen alle (< 17 g/kg ka) kaikissa sadoissa. Kasvuston voidaan katsoa kärsineen kaliumpuutteesta ainakin vuonna 2014, jolloin myös nollaruudun toinen ja kolmas sato oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi kuin muiden koejäsenten. Vaikka maan kaliumvarat olivat Ruukissa suhteellisen niukat, nurmen kaliumpitoisuus oli korkea lannoitustasosta riippumatta, eikä kasvustossa esiintynyt kaliumin puutetta. Matalimmallakin kaliumlannoitustasolla (50 kg/ha) nurmen kaliumpitoisuus nousi ruokinnallisen laadun riskirajalle (30 g/kg ka) tai hyvin lähelle sitä.

Kasvuston korkea kaliumpitoisuus ja korkea satotaso Ruukissa poikkesivat odotetuista tuloksista. Samansuuntaisia tuloksia ovat raportoineet Blake ym. (1999). Tutkimuksessa vertailtiin kolmen koepaikkakunnan aineistoja 30 vuoden jaksolta. Hiekkapitoisella maalla (loamy sand) kasvien kaliumin otto oli yllättävän korkeaa verrattuna reilusti enemmän savesta sisältävälle maalle (silty clay loam) Tutkimuksessa korostettiin muun muassa maan orgaanisen aineksen määrän ja sen laadun merkitystä kasvien kaliumin otolle. Ruukin koealueella orgaanista hiiltä oli sekä kyntökerroksessa että jankossa 3 %. Määrä ei ole suuri, mutta muihin paikkakuntiin verrattuna jankon orgaanisen hiilen pitoisuus oli korkeahko. Orgaaninen aines lisää maan kationinvaihtokapasiteettia ja vapauttaa kasvuston käyttöön tyyppiä, mikä voi tehostaa kaliumin ottoa (Blake ym. 1999). On hyvä huomioida, että Ruukissa sadon tyyppipitoisuus oli numeerisesti (tilastollista tarkastelua ei aineistolle tehty) etenkin ensimmäisessä ja toisessa sadossa Maaninkaan ja Mikkeliin verrattuna korkea. Koska tyyppi lisää kasvin kaliumin tarvetta, voi kasvuston korkea kaliumpitoisuus selittyä runsaalla typenotolla (Virkajärvi ym. 2014). Kappaleessa 4.3.3 on käsitelty sulfaattimaille ominaista runsasta ammoniumtypenmäärää. On mahdollista, että tämä sulfaattimaille tyyppillinen ominaisuus on johtanut kasvuston runsaaseen typenottoon. Ruukissa runsasta kaliumin ottoa on voinut edesauttaa myös maan hyvä rakenne, joka lisää juuriston kasvukykyä. Myös maan vaihteleva reservikaliumpitoisuus vaikutti jonkin verran sadon korkeisiin K-pitoisuuksiin.

Liete nosti nurmen kaliumpitoisuutta Maaningalla vain vuonna 2012 ensimmäisessä sadossa ja vuonna 2013 kolmannessa sadossa (Kuva 16). Mikkeliissä ja Ruukissa lietteellä oli selkeä vaikutus kaliumpitoisuuteen. Liete nosti Mikkeliissä toisen ja kolmannen sadon kaliumpitoisuutta kaikkina koevuosina tilastollisesti merkitsevästi. Ero oli selvä myös Ruukissa vuosina 2013 ja 2014 kasvukauden kaikissa sadoissa. Korkeamman kaliumpitoisuuden selittää liete-pääruudun koejäsenten korkeampi kaliumlannoitustaso. Ilmiö havainnollistaa hyvin nurmen tapaa ottaa kaliumia yli tarpeen, jos sitä on saatavilla.



Kuva 16. Kasvuston kaliumpitoisuuden muutos kaliumlannoituksen kasvaessa niittoain, paikkakunnittain ja vuosittain. Kolmas sato ei ole saanut ollenkaan kaliumlannoitusta.

Kaliumtasojen ja lietteen yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä Maaningalla vuosien 2012 ja 2014 toisessa sadossa ja suuntaa antava ($p=0,10$) vuonna 2013. Mikkeliissä yhdysvaikutus havaittiin toisessa sadossa kaikkina koevuosina ja ensimmäisessä sadossa vuosina 2013 ja 2014 sekä kolmannessa sadossa vuonna 2013. Ruukissa ero oli merkitsevä toisessa sadossa kaikkina koevuosina ja kolmannessa sadossa vuosina 2013 ja 2014. Vaikutuksen suunta vaihteli sadosta riippuen. Toisessa sadossa kaliuminotto oli tehokkaampaa ei lietettä -pääruuduilla kaikilla paikkakunnilla. Toisin sanoen samalla lannoitustasolla toisen sadon kaliumpitoisuus nousi korkeammaksi ainoastaan väkilannoituskaliumia saaneilla ruuduilla. Ilmiö näkyy erityisen hyvin toisesta sadon kuvaajissa kuvassa 16. Liete-ruuduilla nurmen heikompi kaliuminotto voi osin liittyä kilpailuun kationin sitoutumispaikoista tai toisaalta kaliumin runsaampaan huuhtoutumiseen (Blake ym. 1999). Kolmannessa ja ensimmäisessä sadossa ilmiö oli päinvastainen: kaliuminotto oli tehokkaampaa liete-pääruudulla. Ilmiö selittyy todennäköisesti lietteen jälkivaikutuksesta, minkä seurauksena kolmannelle (ja mahdollisesti myös ensimmäiselle) sadolle on vapautunut käyttöön enemmän typpeä kuin pääruudulle ”ei-lietettä”.

4.3.6 KN-suhde

Kasvien kaliumin tarvetta voidaan arvioida kaliumpitoisuuden lisäksi sen KN-suhteesta. Typpipitoisuuden noustessa kaliumin tarve lisääntyy. Koska sekä kaliumin että typen määrä kasvissa vaihtelee sadosta riippuen, on KN-suhteen arvioitu olevan hyvä kaliumtarpeen ennustaja (Talibudeen ym 1976, Dampney 1992, Saarela 1998.). Kalium voi rajoittaa kasvua, jos suhde laskee reilusti alle yhden (Talibudeen ym 1976, Prins ym. 1985, Dampney 1992, Saarela 1998).

Kaliumlannoituksen taso vaikutti aina KN-suhteeseen erittäin merkitsevästi vuodesta, niitosta tai paikkakunnasta riippumatta ($p<0,001$; Liitteet 9–17). Kaliumlannoituksen lisääminen nosti selkeästi KN-suhdetta. Kokeen aikana KN-suhde oli alimmillaan Mikkelin ei lietettä, K-taso 0 -ruuduilla vuonna 2014, jolloin se oli jokaisessa niitossa 0,6 (Liitteet 12–14). Kasvusto otti siis kaliumia selvästi vähemmän kuin typpeä. Ei lietettä-pääruudun nollaruutujen KN-suhde oli Mikkeliissä aina alle ykkösen, lukuun ottamatta ensimmäisen nurmivuoden 2012 ensimmäistä niittoa. Vuonna 2014 myös osa muista alhaisen kaliumtason koejäsenistä otti kaliumia vähemmän kuin typpeä. Myös Ruukissa päästiin alle yhden arvoihin nollaruuduilla kaikissa sadoissa vuonna 2014 ja ensimmäisessä sadossa vuonna 2013 (Liitteet 15–17). Maaningalla kasvusto otti aina kaliumia enemmän kuin typpeä ja KN-suhde oli suurempi kuin yksi (Liitteet 9–11). Siten myöskään KN-suhteen perusteella kasvusto ei kärsinyt kaliumin puutteesta vaikka satovaste lannoitukselle saatiinkin vuonna 2013.

Korkeimmillaan KN-suhde oli vuonna 2012 Maaningalla toisessa sadossa, jossa lietepääruudun K-tasoilla 100, 150 ja 200 kasvusto otti kaliumia yli kaksi kertaa niin paljon kuin typpeä (KN-suhde korkeimmillaan 2,2). Yli kaksinkertaiseen kaliuminottoon typpeen verrattuna päästiin vuonna 2012 myös Mikkelin ja Ruukin toisessa sadossa ja Ruukin kolmannessa sadossa eniten kaliumia (K-tasot 150 ja 200) saaneilla lieteruuduilla. Muina vuosina näin korkeita KN-suhteita ei esiintynyt. Korkea suhdeluku kertoo kaliumin luksusotosta.

Liete nosti KN-suhdetta toisessa ja jälkivaikutuksena kolmannessa sadossa kaikkina vuosina kaikilla paikkakunnilla lukuun ottamatta Maaningan vuoden 2013 toista satoa, jolloin nousu ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Toisessa sadossa liete lisäsi kaliumlannoituksen kokonaismäärää ja toisaalta liukoisen typen määrä jäi väkilannoitettuja ruutuja pienemmäksi, minkä vuoksi KN-suhde muodostui korkeaksi. Toisaalta kolmannessa sadossa lietteen jälkivaikutus lisäsi sekä kaliumin että typen määrää maassa suhteessa väkilannoitettuihin ruutuihin. Lietteän jälkivaikutus nosti KN-suhdetta tilastollisesti merkitsevästi myös ensimmäisessä sadossa vuonna 2014 jokaisella paikkakunnalla ja vuonna 2013 Ruukissa. Yli kaksinkertainen kaliuminotto typpeen verrattuna vaati yleensä sekä korkean väkilannoituskaliumtason että lietteen mukana tulleen kaliumin. Ainoa poikkeus tästä oli Ruukin kolmannessa sadossa vuonna 2012, jolloin ei lietettä -pääruudun K-tasolla 200 KN-suhde oli 2,0.

4.3.7 Ekvivalenttisuhde

Ekvivalenttisuhde lasketaan kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin milliekvivalenttipainojen avulla kaavalla $Ekv = (K/39)/(Ca/20+Mg/12)$. Suositusten mukaan sen tulisi olla alle 2,2, jotta laidunhalvauksen ja poikimahalvauksen riski vältetään. Alhainen ekvivalenttisuhde on erityisen tärkeä ummessaolo- ja tunnuskaudella. Tässä kokeessa ekvivalenttisuhde oli hyvä (alle suositusrajan) Maaningalla kaikilla ruuduilla toisessa sadossa vuosina 2012 ja 2013 ja kolmannessa sadossa vuonna 2013. Muulloin arvot olivat yli suositusrajan 2,2, pääruututasolla korkeimmillaan 2,9 (liitteet 9–11). Mikkeliissä ja Ruukissa ekvivalent-

tisuhde oli 2,2 tai alle ei lietettä -pääruuduilla vuosina 2013 ja 2014 kaikissa sadoissa (Liitteet 12–17). Korkeimmillaan ekvivalenttisuhte oli Ruukissa vuoden 2012 ensimmäisessä sadossa, jossa se oli koko koealalla keskimäärin 3,1.

K-tason nousu nosti ekvivalenttisuhdetta tilastollisesti merkitsevästi kaikissa niitoissa kaikilla paikkakunnilla ($p < 0,001$). Ainakin nollassa ja korkein kaliumtaso (200) poikkesivat toisistaan. Ero oli parhaimmillaan yli kolminkertainen, kuten Mikkelin toisessa sadossa vuonna 2014, jossa ei lietettä -pääruudulla K-tasolla 0 ekvivalenttisuhte oli 0,9 ja K-tasolla 200 jo 3,1. Maaningalla suhteellisen korkea ekvivalenttisuhte ja toisaalta sen vähäinen reagointi kaliumlannoitukseen johtuneen maan runsaasta kaliumvaroista. Myös maan varastomagnesiumin- ja kalsiumin määrä oli huomattavasti korkeampi kuin Mikkelissä tai Ruukissa (Taulukko 5). Paitsi että saatavilla on ollut runsaasti kaliumia, myös magnesiumia ja kalsiumia on ollut riittävästi. Toisaalta maan runsas kaliumin määrä voi joskus häiritä muiden kationien, kuten magnesiumin ja kalsiumin ottoa (Lunnan 1993). Tässä tutkimuksessa epätasapainoa kasvien kationien otossa tai maan ravinnevaroissa ei kuitenkaan havaittu. Ruukissa ja Mikkelissä kaliumin niukempi luontainen saatavuus maasta on todennäköinen syy nolларуutujen hyvään ekvivalenttisuhteeseen ja toisaalta lannoitukseen reagointiin. Mikkelissä maan viljavuusmagnesiumpitoisuus oli tasolla välttävää. Etenkin Ruukissa maassa oli suhteellisen vähän varastomagnesiumia ja viljavuuskaliumkin tippui kokeen viimeisinä vuosina tasolle välttävää/huononlainen.

Maaningalla lietteellä ei pääsääntöisesti ollut vaikutusta ekvivalenttisuhteeseen. Ainoat poikkeukset olivat vuoden 2013 kolmas sato, jossa lieteruutujen ekvivalenttisuhte ei näyttänyt riippuvan K-tasosta, ja vuoden 2014 ensimmäinen sato, jossa lieteruuduilla ekvivalenttisuhte nousi nopeammin K-tasojen noustessa kuin ei lietettä-ruuduilla. Mikkelissä ja Ruukissa lietteellä oli selvästi suurempi vaikutus kuin Maaningalla. Mikkelissä lietepääruuduilla oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi ekvivalenttisuhte ei lietettä -ruutuihin verrattuna aina toisessa ja kolmannessa sadossa, ja vuosina 2013 ja 2014 myös ensimmäisessä sadossa. Ero pääruutujen välillä näkyy varsinkin alhaisemmilla K-tasoilla. Lietepääruudulla K-tasojen aiheuttama nousu ei ole yhtä nopeaa, koska nolларуutujen lähtötaso on jo lietteen kaliumin ansiosta korkeampi. Ruukissa ilmiö oli aivan samankaltainen kuin Mikkelissä: lietepääruutujen ekvivalenttisuhte oli ei lietettä -ruutuja korkeampi aina muulloin paitsi vuoden 2012 ensimmäisessä sadossa.

4.3.8 DCAD

Rehun DCAD- arvo tarkoittaa rehun sisältämien negatiivisten ja positiivisten ionien suhdetta. Sähköisten varausten määrä vaikuttaa elimistön happo-emäs tasapainoon ja on merkittävä tekijä eläimen kivennäisaineenvaihdunnan kannalta. DCAD-arvo lasketaan rehun kivennäispitoisuuksien perusteella ja siihen vaikuttavat eniten positiivisesti varautuneista ioneista kalium ja natrium sekä negatiivisesti varautuneista ioneista kloori ja rikki. DCAD arvon laskemiseen yleisimmin käytetty laskentakaava on $(K^+ + Na^+) - (Cl^- + S^{2-})$ (Ender ym. 1971).

Karkearehuun perustuva dieetti sisältää usein enemmän sähköiseltä varaukseltaan positiivisia kationeja (K, Na, Ca ja Mg) kuin negatiivisesti varautuneita anioneja (Cl, SO₄ ja PO₄). Jotta elimistö voisi toimia, sähköisten varausten summan tulee olla nolla. Kun pötsistä ja suolistosta imeytyy elimistöön ylimäärä positiivisia ioneja (eniten yleensä kaliumia), aineenvaihdunta säätelee tilanteen neutraaliksi poistamalla vastaavasti verestä muita positiivisia ioneja, yleensä vetyä. Veren pH-arvo on suoraan riippuvainen vetyionien määrästä, joten niiden poistumisen seurauksena veren pH nousee, mikä haittaa kivennäisaineenvaihduntaa, erityisesti kalsiumin ja magnesiumin osalta.

Kivennäisainetasapainon häiriintyminen rehun korkean DCAD-arvon seurauksena nostaa poikimisen ajan aineenvaihduntahäiriöiden kuten poikimahalvauksen riskiä (Horst ym. 1997). Lihanaudoille rehun DCAD-arvolla ei nykyisen tietämyksen valossa olekaan yhtä suurta merkitystä kuin lypsylehmille. Eniten dieetin korkeasta DCAD-arvosta (lypsylehmillä koko dieetin raja-arvoksi suositellaan 250 mEq/kg ka) kärsivät todennäköisesti emolehmät, joilla kivennäisaineenvaihdunnan häiriintyminen voi johtaa lypsylehmien tapaan jälkeisten jäämiseen tai pahimmillaan poikimahalvaukseen. Emojen maidontuotannon määrä on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin lypsylehmien, joten riski on selvästi vähäisempi.

Tämän kokeen tuloksia voidaan erinomaisesti hyödyntää arvioitaessa lannoituksen vaikutusta rehun kivennäiskoostumukseen. Kokeen satokohtaiset DCAD -pitoisuudet esitetään kuvassa 18. Kuten kappaleessa 4.3.5 todettiin, kaliumlannoitus nosti kasvuston kaliumpitoisuutta odotetusti kaikilla koepaikoilla ja kaikissa niitoissa. Kaliumlannoite annettiin kaliumkloridimuodossa, joten samalla kasvusto sai myös

kloorilisän, mikä nosti kasvuston klooripitoisuutta, huomattavasti enemmän kuin kaliumpitoisuutta (Kuva 17, Liitteet 9–17). Näin ollen rehun DCAD-arvo laski, mikä on suotuista muutoksia eläinten dieetin kannalta.

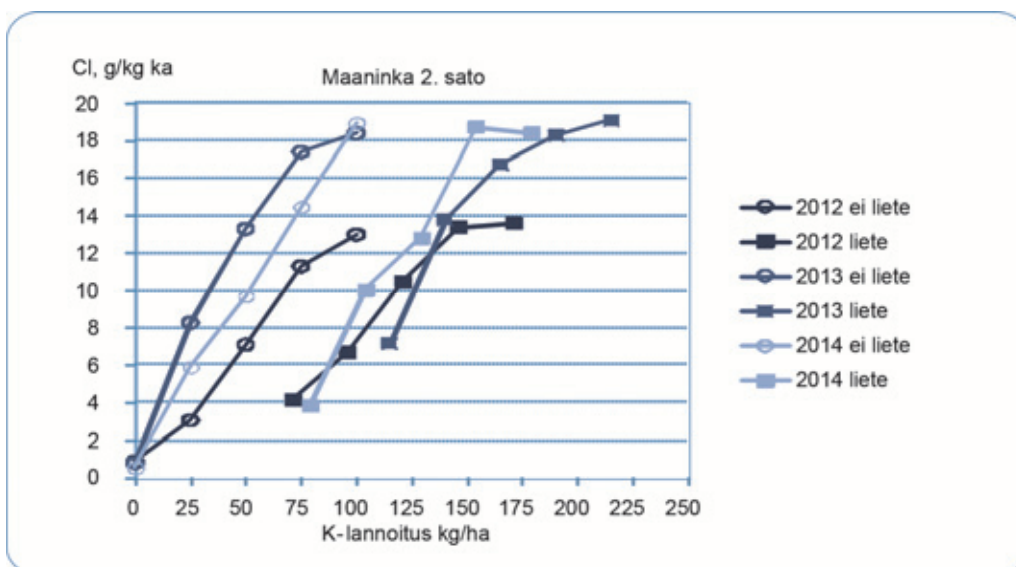
Lannoitteen klooripitoisuudesta johtuen kaliumlannoitusportaat pääsääntöisesti laskivat rehun DCAD-arvoa kaikilla koepaikoilla. Nollaruuduissa korkeimmat DCAD-arvot olivat odotetusti Maaningalla, missä reservikaliumin teorian mukaisesti ylläpitää rehun korkeaa kaliumpitoisuutta ilman lannoitekaliumia. Yllättävää oli Ruukin rehun kivennäisainekoostumus (kts. Liitteet 15–17). Ruukissa K-, Cl- ja S-pitoisuudet olivat selvästi koepaikoista korkeimmat myös lannoiteportaiden nollaruuduissa. Koska DCAD-arvo koostuu kivennäisten yhteenlasketusta vaikutuksesta, Ruukin suhteellisesti kaliumia korkeammat kloori- ja rikkipitoisuudet laskevat rehun DCAD-arvoa. Maaningalla ja Mikkelissä rehun S- ja Cl-pitoisuudet olivat selvästi matalampia.

Nurmi otti klooria tehokkaasti, ensimmäinen porras nolasta (+ 46 kg Cl/ha) nosti kasvuston klooripitoisuutta keskimäärin 0,1 g/kg lannoite Cl. Vaste heikkeni portaittain, mutta oli vielä viimeisessä 150–200 kg K/ha portaassakin 0,04 g/kg lannoite Cl. Vastaavat arvot kaliumille olivat ensimmäisessä portaassa 0,06 g/kg lannoite K ja viimeisessä 0,03 g/kg lannoite K. Yllättävästi suurin vaste rehun K- ja Cl-pitoisuuksissa lannoitusportaille oli Ruukissa, missä jo nollaruudunkin pitoisuus oli muita koepaikkoja korkeampi. Pienin vaste kaliumin osalta oli Maaningalla ja kloorin osalta Mikkelissä. Vaihtelua oli kuitenkin melko paljon. Rehun rikki ja natriumpitoisuudet eivät vaihdelleet lannoiteportaiden mukaan.

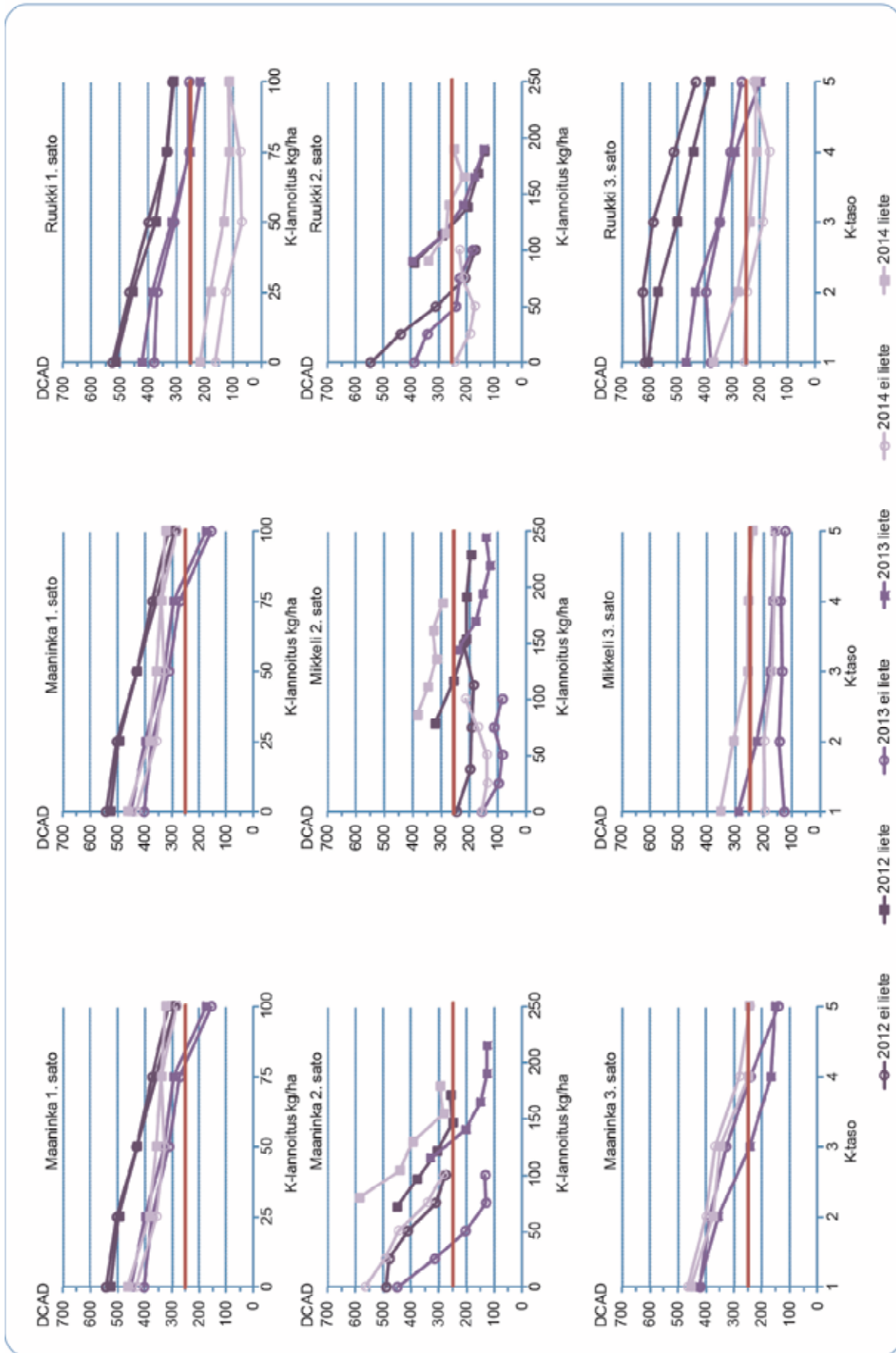
Lietteen vaikutus rehun DCAD-arvon muodostumiseen vaihteli paikkakunnittain. Maaningalla, korkean reservikaliumin maalla liete vaikutti laskevan rehun DCAD-arvoa hieman toisessa ja kolmannessa sadossa (-40 mEq/kg ka), joihin ensimmäisen niiton jälkeen levitetty liete vaikutti eniten. Ensimmäisessä sadossa lietteen vaikutus sen sijaan näytti olevan lievästi DCAD-arvoa nostava. Mikkelissä keskimääräisen reservikaliumin maalla lietteen vaikutus oli kautta linjan selkeästi DCAD-arvoa nostava, keskimäärin +90 mEq/kg ka. Ruukissa ei ilmennyt selkeää trendiä, vaikutus oli vaihteleva eri vuosina ja niitoissa.

Lietteenkäyttö lannoitteena pääsääntöisesti nosti nurmen kaliumpitoisuutta (n. 3 g/kg ka), teorian mukaisesti vähiten Maaningalla. Samoin rehun klooripitoisuus nousi lietteenkäytön seurauksena erityisesti toisessa sadossa (n. 4 g/kg ka). Ensimmäisessä ja kolmannessa sadossa muutos oli pienempi. Sen sijaan liete laski rehun rikkipitoisuutta toisessa sadossa -0,5 g/kg ka. Rikkipitoisuus laski myös ensimmäisessä ja kolmannessa sadossa, mutta vähemmän. Tehokkaimmin kasvusto otti lietteen kaliumia Mikkelissä ja klooria Ruukissa. Lietteen ja lannoitteen yhdysvaikutukset olivat vaihtelevia.

Yhteenvetona voidaan sanoa kaliumkloridimuodossa annetun kaliumlannoituksen laskevan rehun DCAD-arvoa kasvuston tehokkaan kloorinoton seurauksena. Lietteen käyttö vaikuttaa vaihtelevasti niitosta ja maaperän ravinteikkuudesta riippuen. Ruukin tulosten tulkintaa vaikeuttaa jankon reservikaliumpitoisuuden vaihtelevuus kokeen alueella.



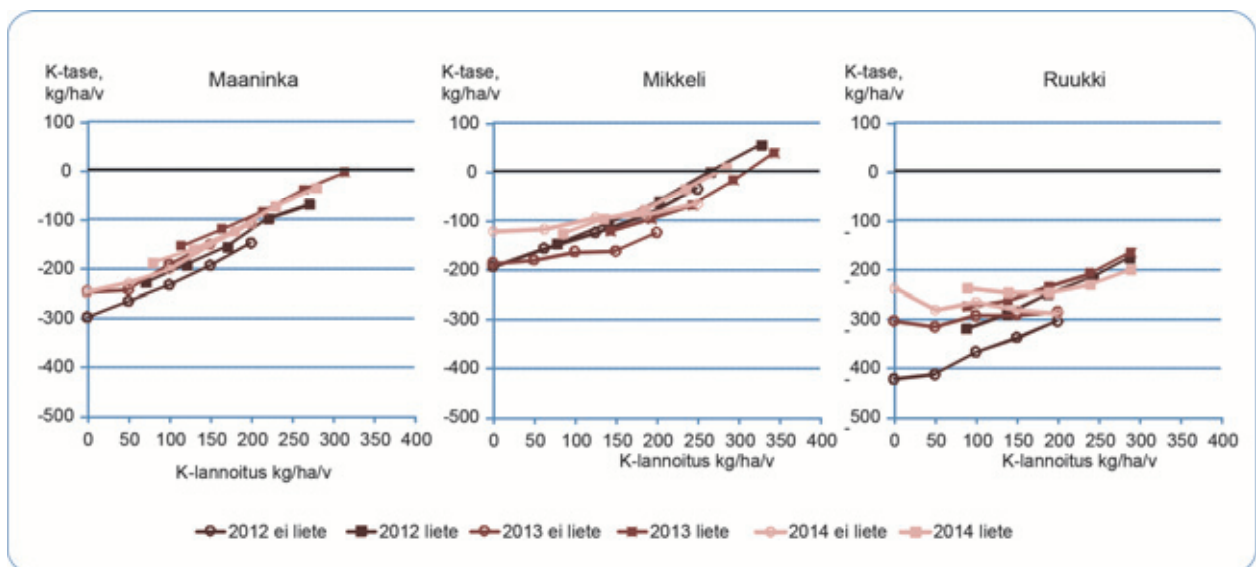
Kuva 17. Kloridipitoisuuden nousu kasvustossa kaliumlannoituksen nousun myötä Maaningalla toisessa sadossa.



Kuva 18. Kationi-anioni-tasapainon (DCAD, mEq/kg ka) muutos kaliumlannoituksen muuttuessa niitoittain, paikkakunnittain ja vuosittain. Raja-arvon 250 mEq/kg ka ylittävää rehua ei pidetä suositeltavana ummessa oleville lehmillä. Herutuskaudella DCAD voi olla korkeampi.

4.3.9 Kaliumtase

Sadon mukana poistui runsaasti kaliumia. K-lannoitus lisäsi sadon mukana poistuvan kaliumin määrää kaikilla paikkakunnilla kaikkina vuosina ($p < 0,001$, Liite 18). Ruukissa sadon mukana poistui kaliumia vuonna 2012 kaikilla koejäsenillä yli 400 kg/ha/v. Myös muina vuosina suurilla K-tasoilla poistumat olivat lähellä 500 kg/ha/v, mutta toisaalta alhaisilla K-tasoilla poistumat olivat selkeästi alhaisempia. Maaningalla kaliumsadot olivat välillä 246–348 kg/ha/v ja Mikkelissä 186–323 kg/ha/v). Ruukin suuria K-satoja voidaan pitää hieman yllättävänä, koska Ruukissa maan reservikaliumpitoisuus oli huomattavasti alhaisempi kuin muilla paikkakunnilla. On toki muistettava, että tähän vaikuttaa myös Ruukin korkea satotaso. Maaningalla ei liettä -pääruudun nollaruudun ja K-taso 200:n välinen ero kaliumsadossa oli noin 50–60 kg/ha, Mikkelissä 110–145 kg/ha ja vaihteli Ruukissa vuodesta riippuen 80, 180 ja 250 kg/ha. Lieteruuduilla vastaavat arvot olivat Maaningalla ja Mikkelissä 40–70 kg/ha, ja Ruukissa jälleen vaihdellen 60 kg, 90 kg ja 160 kg hehtaaria kohden. Lietteellä oli kaliumsatoa nostava vaikutus Mikkelissä kaikkina vuosina ja Ruukissa vuosina 2013 ja 2014.



Kuva 19. Kokonaissadon kaliumtaseet (Klann – Ksato, kg/ha/v) eri koepaikoilla.

Kaliumtase lasketaan annetun kaliumlannoituksen ja sadon mukana poistuneen kaliumin erotuksena. Kun tase on negatiivinen, sadon mukana on poistunut kaliumia enemmän, kuin mitä sille on annettu. Kuvassa 19 esitetään kesän kokonaissadoille laskettu kaliumtase suhteessa annettuun kaliumlannoitukseen. Kaliumtaseet esitetään liitteessä 18. Kaliumlannoitustasolla oli aina tilastollisesti merkitsevä vaikutus kaliumtaseeseen ($p < 0,001$), lukuun ottamatta vuotta 2014 Ruukissa, jolloin K-tason nousu ei pienentänyt-kään tasetta kuten muulloin. Myös liete vaikutti taseeseen lähes aina joko päävaikutuksena tai yhdysvaikutuksena kaliumtason kanssa. Lietteen mukana peltoon tulee runsaasti kasveille käyttökelpoista kaliumia, siten se vaikuttaa suoraan myös kaliumtaseeseen.

Ruukissa kaliumtaseet jäivät voimakkaasti negatiivisiksi suurillakin kaliumlannoitustasoilla. Maaningalla taseet olivat myös pääosin selkeästi negatiivisia, mutta vuonna 2013 suurimmalla lannoitustasolla päästiin jo lähelle nollaa. Mikkelissä maan reservikaliumin määrä asettui Maaningan ja Ruukin välimaastoon, ollen kuitenkin suhteellisen korkea. Odotetusti tämä näkyi Maaninkaan verrattuna alhaisempina kaliumpoistumana varsinkin alhaisilla kaliumlannoitustasoilla. Vuonna 2013 lietepääruudulla poistumat olivat samaa luokkaa kuin Maaningalla. Taseet ovat kuitenkin matalammat, mikä johtuu lietteen poikkeavan korkeasta kaliumpitoisuudesta Mikkelissä (4,8 kg/tn; kokeen keskiarvo 3,1 kg/tn). Lietepääruuduilla tase nousi positiiviseksi korkeilla K-tasoilla. Ruukin huomattavan negatiivista tasetta ja sadon korkeaa K-pitoisuutta voisi selittää peltomaan koostumuksella (Taulukko 5) ja sääolosuhteilla (kpl 4.3.3 ja 4.3.5). Maaningalla maa sisälsi enemmän savesta ja hiesua. Ruukissa maa oli karkeampirakenteinen. Hienoa maa-ainesta sisältävät maat ovat usein tiiviimpiä, jolloin juuriston kasvu voi olla heikompa kuin karkeilla mailla. Heikompi juuristonkasvu voi johtaa niukempaan ravinteiden ottoon. Toisaalta hieno maa-aines sitoo ravinteita tehokkaasti, jolloin myös kalium voi olla tiukemmin sitoutuneena ja heikommin kasvien käytettävissä. Maaningalla poikkeukselliset sääolosuhteet vuonna 2013 ja 2014 ovat todennäköisesti vaikuttaneet juuriston kehittymiseen ja ravinteiden ottoon.

Kokeessa kaliumtaseet olivat lähes poikkeuksetta negatiivisia, lukuun ottamatta Mikkelin korkeinta kaliumlannoitustasoa (liete + K-taso 200). Sadon mukana maasta poistui siis aina enemmän kaliumia kuin sinne lannoituksessa laitettiin. Kokeen maalajit edustivat kaliumin suhteen viljavuusluokkia välttävää/tyydyttävää, joille suositusten mukainen lannoitus tulisi olla 130/90 kg/ha/v. Tämä tai edes alhaisimman viljavuusluokan maalle suositeltava kaliumlannoitus (160–170 kg/ha/v), ei pysty pitämään tasetta nollassa. Negatiivisesta kaliumtaseesta ei sinänsä ole haittaa, vaikka se teoriassa köyhdyttää maata. Kokeen maalajeilla reservikaliumia on runsaasti ja lisäksi mineraaleista rapautuu käyttökelpoista kaliumia. Nämä kaliumvarat riittävät kasvien tarpeeseen todennäköisesti usean vuosikymmenen ajan tai pidempäänkin. Erilaisten ulkomaisten arvioiden mukaan peltomaiden kaliumvarat riittävät maan mineralogiasta ja maalajista riippuen 20–200 vuotta (Andersson ym. 2007, Öborn ym. 2010).

4.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kalium on nurmen sadontuoton kannalta heti typen jälkeen tärkein ravinne. Se vaikuttaa paitsi sadon tuottoon myös nurmen ravitsemukselliseen laatuun. Nurmen kaliumin tarve onkin korkea, ja sadon mukana kaliumia voi poistua vuosittain useita satoja kiloja hehtaarilta. Koska kalium on lisäksi kallis ravinne, optimaalisen lannoitusmäärän arvioiminen on tärkeää. Aiemmissa tutkimuksissa on osoitettu nurmen kaliumtarpeen riippuvan ensisijaisesti maan reservikaliumin määrästä, ja siten reservikaliumin on todettu olevan viljavuuskaliumia parempi lannoitustarpeen ennustaja. Tässä tutkimuksessa testattiin teorian paikansäilytyksen lisäksi kaliumlannoituksen vaikutusta nurmisadon ravitsemukselliseen laatuun reservikaliumtilaltaan erilaisilla kivennäismailla. Tutkimuksen yhtenä tärkeimmistä painopisteistä voidaan pitää karjanlannan vaikutusten kartoittamista. Sen kaliumlannoitusvaikutusta ja vaikutuksia rehun laatuun on tutkittu hyvin vähän. Etenkään vaikutuksia rehun kivennäissuhteisiin ei ole aiemmin tutkittu.

Maan viljavuuskaliumin määrä voi vaihdella riippumatta maan reservikaliumtilasta. Siten maan korkea reservikaliumpitoisuus ei automaattisesti johda korkeaan viljavuuskaliumin määrään maassa. Viljavuuskaliumin määrän nopeat muutokset maassa johtavat usein liialliseen tai liian vähäiseen kaliumlannoitukseen. Reservikaliumtila maassa on sen sijaan suhteellisen vakaa, eikä tämänkään tutkimuksen mukaan muutu radikaalisti välttämättä useisiin vuosiin.

Tutkimuksen tulokset tukivat pääpiirteissään teoriaa reservikaliumin paremmuudesta lannoitustarpeen ennustajana. Yllättävää oli se, että kaliumlannoitus ei tuottanut sadonlisää reservikaliumiltaan heikoimmalla maalla ja toisaalta joissain tilanteissa lannoituksella saatiin sadonlisä, vaikka maassa periaatteessa oli riittävästi reservikaliumia kasvien tarpeeseen. Kaliumlannoitusmäärä 50 kg/ha/v riitti täyttämään nurmen kaliumtarpeen kaikissa tilanteissa. Optimaalinen lannoitustaso on siten huomattavasti suositusten (130–170 kg/ha) alapuolella. Suosituksia muuttamalla voidaan saada huomattava säästö lannoituskustannuksiin.

Tulosten perusteella maan reservikaliumtila ei yksin ennusta kaliumlannoituksen tarvetta, vaan muilla ympäristökiteijöillä on merkittävä vaikutus kasvien kaliumin ottoon. Tässä tutkimuksessa lannoitusvasteen syntyyn vaikutti erityisesti hyvän kaliumtilan maalla todennäköisesti poikkeukselliset sääolosuhteet, sillä kasvuston kaliumpitoisuuden perusteella se ei kärsinyt missään vaiheessa kaliuminpuutteesta. Jos juuriston kasvu häiriintyy esimerkiksi kuivuuden, liiallisen märkyyden tai maan huonon rakenteen vuoksi, voi hyvinkin kaliumtilan maalla kaliuminotto vaikeutua. Tällöin kaliumlannoituksella voidaan korjata tilannetta jonkin verran nostamalla helposti kasvien käytössä olevan kaliumin määrää maassa. Sen sijaan maalla, jonka reservikaliumpitoisuus maassa on kohtalainen (kyntökerros n. 1000 mg/l) satovaste saattoi johtua todellisesta kaliumin puutoksesta. Kaliumin puutteen rajana pidetään 17 g/kg ka.

Kokeessa matalan reservikaliumin maalla (n. 500 mg/l) satotaso oli korkein, eikä lannoitusvastetta kaliumille saatu. Myös kasvuston kaliuminotto oli muihin paikkakuntiin verrattuna parempi. Tulos oli yllättävä eikä ole täysin selitettävissä. Taustalla voi olla runsas typenotto, minkä on todettu lisäävän muiden ravinteiden ottoa.

Rehun ruokinnallisten ominaisuuksien seuraaminen osoittautui maan reservikaliumtilan lisäksi tärkeäksi kaliumlannoitusta suunniteltaessa. Se kertoo paitsi kaliumlannoituksen tarpeellisuudesta myös rehun ruokinnallisesta laadusta. Kun kaliumpitoisuus kasvissa on liian korkea (>30 g/kg ka) altistaa se laidun- ja poikimahalvauksille. Toisaalta se viittaa myös kaliumin luksusottoon ja mahdollisesti liialliseen kaliumlannoitukseen. Kasvuston alhainen (< 17 g/kg ka) kaliumpitoisuus viittaa kaliuminpuutteeseen tai vaihtoehtoisesti kasvien kaliuminoton vaikeutumiseen.

Kaliumpitoisuuden lisäksi kaliumlannoitus vaikuttaa rehun kivennäistasapainoon. Periaatteessa kaliumlannoitus ja nurmen kaliumpitoisuuden nousu heikentää kivennäissuhteita. Tässä tutkimuksessa rehun ekvivalenttisuuhde reagoi lannoitukseen etenkin heikomman reservikaliumtilan mailla. Kun maan kaliumtila oli korkea, ekvivalenttisuuhde oli korkea riippumatta lannoitustasosta, vaikkakin kaliumlannoitus nosti sitä entisestään. Rehun DCAD-arvo sen sijaan parani kaliumlannoituksen seurauksena. Tulos oli sinänsä yllättävä, mutta selitettävissä. Kaliumlannoitus annettiin kaliumsuolana, mikä sisältää runsaasti klooria. Kasvi otti klooria huomattavasti kaliumia tehokkaammin, mikä tasapainotti ionisuhteita ja johti DCAD-arvon laskuun vähentäen riskiä poikimahalvaukseen.

Liete osoittautui hyväksi kaliumin lähteeksi. Tutkimuksessa käytetty lietteenlevitysmäärä 30 t/ha riitti turvaamaan kasvien kaliumintarpeen. Liete lisäsi rehun kaliumpitoisuutta ja yleensä huononsi sen kivennäisainesuhteita, mikä johtui runsaammasta kokonaiskaliumlannoituksesta. Sen sijaan samalla lannoitustasolla nurmen kaliumpitoisuus oli lietettä saaneilla ruuduilla alhaisempi kuin pelkästään mineraalilannoitetuilla ruuduilla.

Tutkimuksen perusteella nurmien kaliumlannoituksen suunnittelun lähtökohtana voidaan pitää maan reservikaliumanalyysiä. Reservikaliumin lisäksi suositeltavaa on seurata lohkoakohtaisia satotasoa ja sen kaliumpitoisuutta sekä kivennäiskoostumusta. Liian matala tai korkea kaliumpitoisuus sadossa kertoo maan kaliumvarojen ja lannoituksen riittävydestä. Toisaalta maan reservikaliumtilaan suhteutettuna yllättävän korkea tai matala sadon kaliumpitoisuus ohjaa viljelytoimenpiteitä taloudelliseen suuntaan. Karjanlanta on hyvä kaliumin lähde ja riittää hyvän ja kohtalaisen reservikaliumtilan mailla nurmen sadonmuodostukseen. Koska ravinteidenottoon vaikuttaa maan ravinnetilan lisäksi muun muassa maan rakenne ja sääolosuhteet, voidaan kasvien riittävä kaliuminotto varmistaa pienellä noin 50 kg/ha/v kaliumlannoituksella, vaikka maan reservikaliumtilan perusteella lannoitusta ei tarvittaisikaan. Nurmen ravinteidenoton varmistamiseksi on aina huolehdittava juuriston kasvuedellytyksistä.

4.5 Kiitokset

Nurmen kaliumlannoitustarve -kenttäkokeiden onnistumiseksi on tehty paljon töitä sekä koepaikoilla Maaningalla, Mikkeliissä ja Ruukissa että myös Jokioisilla MTT:n omissa laboratorioissa. Näytteitä analysoitiin myös Valiolla ja Viljavuuspalvelussa. Kiitos kenttäkokeiden käytännön toteutuksesta erityisesti tutkimusmestareille Matti Laasoselle, Johanna Kanniselle ja Jenni Airaksiselle Maaningalle, Ritva Valolle ja Mauri Nissiselle Mikkeliin, Maria Vanhatalolle ja Sirkka Luomalle Ruukkiin, sekä lukuisille muille vuosien aikana mukana olleille tutkimusmestareille, kesätyöntekijöille ja harjoittelijoille. Kivennäis- ja hivenaineanalyysien teosta erityiskiitokset Pia Kiurulle Jokioisiin, sekä kaikille muille analyysien tekoon osallistuneille Kotieläintuotannon tutkimuksen ja Kasvintuotannon tutkimuksen laboratorioissa.

4.6 Kirjallisuus

- Andersson, S. Simonsson, M., Mattson, L., Edwards, A.C. & Öborn, I. 2007. Response of soil exchangeable and crop potassium concentrations to variable fertilizer and cropping regimes in long-term field experiments on different soil types. *Soil Use and Management* 23:10–19.
- Andrist-Rangel, Y. 2008. Quantifying mineral sources of potassium in agricultural soils. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 105 s + 19 liitesivua.
- AOAC. 1975. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists, 2nd edition Washington D.C. 832 s.
- Blake, L. Mercik, S., Koerschens, M., Goulding, K.W.T., Stempen, S., Weigel, A., Poulton, P.R. & Powlson, D.S. 1999. Potassium content in soil uptake in plants and the potassium balance in three European long-term field experiments. *Plant and Soil* 216: 1–14.
- Dampney, P.M.R. 1992. The effect of timing and rate of potash application on the yield and herbage composition of grass grown for silage. *Grass and Forage Science* 47: 280–289.
- Elonen, P. 1971. Particle-size analysis of soil. *Acta Agraria Fennica* 122: 1–122.
- Ender, F., Dishington, I.W. & Helgebostad, A. 1971. Calcium Balance Studies in Dairy Cows under Experimental Induction and Prevention of Hypocalcaemic Paresis Puerperalis. *Zeitschrift Für Tierphysiologie Tierernährung Und Futtermittelkunde* 28: 233–256.

- Goff, J. 2006. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal of Dairy Science* 89: 1292–1301.
- Hartikainen, H. 2009a. Maa-aineksen koostumus. Teoksessa: Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Toim. Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. s. 31–39.
- Hartikainen, H. 2009b. Maaperän reaktiot. Teoksessa: Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Toim. Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. s. 114–139.
- Hopper, M.J. & Clement, C.R. 1966. The supply of potassium to grassland: An integration of field, pot and laboratory investigations. *Transactions of the Commission II and IV International Society of Soil Science, Aberdeen*. s. 237–246.
- Horst, R., Goff, J., Reinhardt, T. & Buxton, D. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 80: 1269–1280.
- Joy, P., Lakanen, E. & Sillanpää M. 1973. Effects of heavy nitrogen dressings upon release of potassium from soils cropped with ley grasses. *Annales Agriculturae Fenniae. Seria Agrogeologia et -Chimica* 12: 172–184.
- Koikkalainen, K., Huhta, H., Virkajärvi, P. & Heikkilä, R. 1990. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 9/90. 59 s.
- LaCroix, R.L., Keeney, D.R. & Walsh, L.M. 1970. Potentiometric titration of chloride in Plant tissue extracts using chloride ion electrode. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 1:1–6.
- Luh Huang, C.-Y. & E.E. Schulte. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectrometry. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 16: 943–958.
- Lunnan, T. 1993. Grass yield response to potassium fertilization on mineral soils in the inland of southern Norway. *Norwegian Journal of Agricultural Science* 7: 345–357.
- Pakarinen, K., Virkajärvi, P., Luoma, S. & Keränen, O. 2008. Muokattu biotiitti nurmen perustamisen yhteydessä: Teoksessa: Lannoitus- ja kasvinsuojelukokeiden tuloksia 2007. Toim. Pakarinen, K. & Issikainen, P. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 32–50.
- Prins, W.H., Den Boerd, J. & Van Burg, P.F.J. 1985. Requirements for phosphorus, potassium and other nutrients for grassland in relation to nitrogen usage. Teoksessa: Cooper J.P. & Raymond W.F. (Toim.) *Grassland Manuring: 28–45 Occasional Symposium No, 20, British Grassland Society*.
- Saarela, I. 2001. Maan kaliumvarojen käyttökelpoisuus nurmikasveille. Nurmitutkimusten satoa - tuloksia lannoituksesta, palkokasveista, luomunurmista, laitumista, ruokonadasta. Seminaari 30.3.2001. Säätö-talo, Helsinki. 107 s.
- Saarela, I., Huhta, H., Salo, Y., Sippola, J. & Vuorinen, M. 1998. Kaliumlannoituksen porraskokeet 1977–1994. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 42. 41 s.
- Saarela, I. & Mäntylähti, V. 2002. Kiillepitoisten karkeiden maiden kaliumin vapautuminen kasveille. Teoksessa: Pietola, L. & Esala, M. (toim.). *Maa, josta elämme. II Maaperätieteiden päivien laajennetut abstraktit. Pro Terra* 15. s. 140–142.
- Valmari, A. 1978. Pohjois-Suomen nurmien tuotannon varmistaminen. Teoksessa: Nurmituhoista tuottavaan viljelyyn. Lapin koeaseman tiedote N:o 4. 88 s.
- Virkajärvi, P. & Huhta, H. 1994. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla: timoteinurmen kaliumlannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 13/94. 23 s.
- Virkajärvi, P., Kykkänen, S., Rätty, M., Hyrkäs, M., Järvenranta, K., Iso-lahti, M. & Kauppila, R. 2014. Nurmien kaliumtalous - Maan reservikaliumin merkitys kaliumlannoituksen suunnittelussa. MTT Raportti 165.
- Vuorinen, M. 1989. Turvemaan kaliumlannoitus. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 3/89.
- Vuorinen, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63:1–44.
- Talibudeen, O., Page, M.B. & Mitchell, J.D.D. 1976. The interaction of nitrogen and potassium nutrition on dry matter and nitrogen yields of the *gramineae*: Perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of Science of Food Agriculture* 29: 999–1004.

- Tähtinen, H. 1979. The effect of nitrogen fertilizer on the potassium requirement of grassland for silage. *Annals Agriculturae Fenniae* 18: 231–245.
- Yli-Halla, M. 2010. Happamien sulfaattimaiden luokittelu ja viljelyn vaihtoehdot. Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2010, 12.-13.1.2010, Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit. Toim. Hopponen, A. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedote 26. 6 s.
- Öborn, I., Edwards, A.C. & Hillier, S. 2010. Quantifying uptake rate of potassium from soil in a long-term grass rotation experiment. *Plant and Soil* 335: 3–19.

LIITTEET

Liite 1. Maan viljavuuskalium ja reservikalium kyntökerroksessa ja jankossa syksyllä 2014 Maaningalla ja Mikkelissä.

		K		reservi-K		K*		reservi-K*	
		0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
ei lietettä		86,5	88,4	2975	2794	34,0	54,7	1250	2290
liete		96,5	93,9	3060	2881	69,4	49,6	1262	2334
	SEM	5,36		104,9					
	0	84,9	88,6	3034	2931	33,9	49,3	1220	2260
	50	83,9	92,9	2985	2855	39,2	55,3	1238	2258
	100	86,1	90,6	3005	2806	48,7	51,4	1264	2406
	150	99,9	93,6	3028	2810	63,3	52,3	1299	2393
	200	102,6	89,9	3035	2783	66,2	52,2	1261	2248
	SEM	5,88		90,7					
ei lietettä	0	82,3	82,5	3013	2855	28,5	50,0	1220	2238
ei lietettä	50	82,3	95,3	2933	2843	29,6	60,5	1195	2228
ei lietettä	100	76,5	89,3	2943	2738	35,2	56,8	1271	2339
ei lietettä	150	101,0	91,0	3005	2763	36,3	51,6	1308	2379
ei lietettä	200	90,3	84,0	2980	2770	42,4	55,2	1261	2270
liete	0	87,5	94,8	3055	3008	40,4	48,6	1220	2282
liete	50	85,5	90,5	3038	2868	51,9	50,5	1283	2290
liete	100	95,8	92,0	3068	2875	67,4	46,5	1257	2475
liete	150	98,8	96,3	3050	2858	110,4	53,0	1289	2408
liete	200	115,0	95,8	3090	2795	103,2	49,4	1261	2225
	ka	91,5	91,1	3017	2837	54,5	52,2	1256	2313
	SEM	7,30		123,1					
P-arvo	Liete	0,18		0,55		0,066		0,84	
	K-taso	0,044		0,68		<0,001		0,32	
	Liete*K-taso	0,16		0,97		0,038		0,91	
	Syvyys	0,92		0,046		0,15		0,002	
	Syvyys*Liete	0,35		0,98		<0,001		0,80	
	Syvyys*K-taso	0,054		0,38		<0,001		0,87	
	Syvyys*Liete*K-taso	0,39		0,74		0,16		0,91	

* Käytetty logaritimuunnosta.

Liite 2. Maan viljavuuskalium ja reservikalium kyntökerroksessa ja jankossa syksyllä 2014 Ruukissa.

		Ruukki			
		K		reservi-K	
		0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
ei lietettä		36,0	45,2	355	827
liete		59,7	53,3	429	875
	SEM	6,40		139,9	
	0	36,1	42,3	346	793
	50	34,1	51,4	347	952
	100	48,3	51,4	399	954
	150	55,8	50,3	400	783
	200	65,0	50,9	469	772
	SEM	6,86		140,8	
ei lietettä	0	27,8	36,0	324	723
ei lietettä	50	30,3	52,8	341	970
ei lietettä	100	35,3	47,0	373	1005
ei lietettä	150	38,5	42,8	357	666
ei lietettä	200	48,3	47,5	378	771
liete	0	44,5	48,5	367	862
liete	50	38,0	50,0	353	934
liete	100	61,3	55,8	425	903
liete	150	73,0	57,8	443	900
liete	200	81,8	54,3	559	774
	ka	47,9	49,2	392	851
	SEM	8,41		162,8	
P-arvo	Liete	0,028		0,59	
	K-taso	<0,001		0,33	
	Liete*K-taso	0,079		0,43	
	Syvyys	0,87		0,064	
	Syvyys*Liete	<0,001		0,78	
	Syvyys*K-taso	<0,001		0,28	
	Syvyys*Liete*K-taso	0,49		0,75	

Liite 3. Kuiva-ainesadot Maaningalla niitoittain ja vuosittain.

Liete	K-taso	2012				2013				2014			
		Kasato, kg ka/ha				Kasato, kg ka/ha				Kasato, kg ka/ha			
		1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato
ei lietettä		6070	5160		11230	5230	3110	2610	10950	4250	3710	1940	9900
liete		6170	4970		11140	5510	2500	2800	10780	4540	3070	2210	9810
	SEM	79	102		171	43	107	84	73	74	69	90	202
	0	6120	5050		11180	5140 ^{abd}	2730	2770	10640 ^a	4260	3470	1930	9690
	50	6140	5070		11220	5430	2870	2780	11090	4420	3400	2140	9920
	100	6100	5120		11230	5390	2820	2660	10870	4400	3480	2190	10050
	150	6040	5000		11040	5350	2870	2680	10890	4460	3270	2070	9810
	200	6180	5070		11250	5530	2720	2650	10830	4430	3330	2030	9810
	SEM	84	131		202	59	97	71	103	84	95	87	193
ei lietettä	0	6130	5170		11300	4940	3030	2620	10580	4070	3770	1790	9630
ei lietettä	50	5970	5100		11070	5260	3280	2740	11280	4300	3710	1950	9950
ei lietettä	100	6020	5120		11140	5240	3130	2550	10920	4220	3770	2090	10090
ei lietettä	150	6090	5190		11280	5200	3220	2590	11010	4330	3680	1950	9960
ei lietettä	200	6120	5220		11340	5500	2890	2550	10940	4340	3610	1910	9860
liete	0	6110	4940		11050	5350	2430	2910	10690	4440	3170	2070	9750
liete	50	6310	5050		11360	5610	2460	2830	10900	4550	3100	2330	9890
liete	100	6190	5130		11320	5530	2520	2760	10820	4590	3180	2300	10010
liete	150	6000	4810		10810	5500	2510	2760	10770	4580	2860	2190	9650
liete	200	6250	4910		11160	5560	2550	2750	10730	4530	3050	2150	9760
	Ka	6120	5060		11180	5370	2800	2710	10860	4400	3390	2070	9860
	SEM	101	168		246	80	143	100	147	100	144	124	257
p-arvot	liete	0,22	0,053		0,50	0,010	0,007	0,15	0,11	0,012	<0,001	0,076	0,69
	K-taso	0,37	0,95		0,84	0,001	0,29	0,11	0,015	0,094	0,46	0,066	0,30
	yhd.v.	0,043	0,65		0,31	0,20	0,15	0,61	0,33	0,67	0,88	0,89	0,80

Liite 4. Kuiva-ainesadot Mikkelissä niitoittain ja vuosittain.

Liete	K-taso	2012				2013				2014			
		Kasato, kg ka/ha				Kasato, kg ka/ha				Kasato, kg ka/ha			
		1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato
ei lietettä		5710	4300		10010	5380	3540	2590	11490	3880	3240	1500	8630
liete		5630	4280		9910	5460	2720	3200	11380	4010	2480	1810	8290
	SEM	155	107		186	153	140	45	208	52	109	35	79
	0	5990	4310		10310	5220	3230	2890	11300	3940	2650 ^{bcd}	1590 ^{cd}	8170 ^c
	50	5640	4200		9840	5400	3130	2960	11500	3960	2810	1650	8420
	100	5500	4400		9900	5410	3180	2960	11480	3940	2930	1670	8540
	150	5600	4140		9740	5680	3020	2890	11590	4010	2940	1690	8640
	200	5620	4380		10000	5410	3110	2790	11310	3890	2970	1680	8530
	SEM	192	123		219	150	120	71	208	60	103	31	110
ei lietettä	0	6190	4350		10540	5300	3410	2540	11250	3820	2750	1370	7940
ei lietettä	50	5660	4170		9840	5280	3500	2600	11370	3900	3140	1500	8540
ei lietettä	100	5480	4250		9740	5110	3770	2610	11360	3880	3330	1550	8760
ei lietettä	150	5390	4220		9610	5740	3430	2690	11860	3970	3480	1540	8990
ei lietettä	200	5830	4490		10320	5490	3610	2520	11620	3850	3520	1530	8890
liete	0	5800	4270		10070	5130	3060	3230	11340	4060	2550	1800	8410
liete	50	5610	4220		9830	5530	2770	3320	11620	4020	2480	1800	8300
liete	100	5520	4540		10060	5700	2580	3310	11600	3990	2530	1790	8310
liete	150	5810	4070		9870	5620	2610	3100	11320	4040	2400	1840	8280
liete	200	5410	4280		9690	5330	2610	3060	11000	3920	2420	1830	8170
	Ka	5670	4290		9960	5420	3140	2900	11430	3950	2860	1660	8460
	SEM	256	175		310	223	168	101	310	85	136	43	156
p-arvot	liete	0,67	0,90		0,71	0,73	0,025	<0,001	0,71	0,15	0,011	<0,001	0,025
	K-taso	0,28	0,39		0,33	0,089	0,35	0,43	0,60	0,61	0,010	0,010	0,047
	yhd.v.	0,36	0,53		0,33	0,098	0,007	0,48	0,13	0,80	<0,001	0,056	0,003

Liite 5. Kuiva-ainesadot Ruukissa niitoittain ja vuosittain.

Liete	K-taso	2012				2013				2014			
		Kasato, kg ka/ha				Kasato, kg ka/ha				Kasato, kg ka/ha			
		1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato
ei lietettä		5440	4960	3460	13850	5090	4850	3140	13060	5480	4320	3260	13060
liete		5380	4330	3340	13050	5060	4400	3110	12570	5530	4100	3140	12760
	SEM	151	101	49	275	81	101	82	215	124	111	116	227
	0	5430	4670	3390	13490	5140	4520	3120	12780	5260	4090	3190	12540
	50	5450	4670	3430	13550	5130	4770	3200	13040	5510	4270	3340	13120
	100	5440	4650	3330	13420	4970	4590	3070	12630	5500	4260	3240	13010
	150	5360	4620	3420	13400	5000	4650	3130	12780	5610	4140	3130	12880
	200	5370	4610	3420	13400	5140	4600	3090	12830	5630	4270	3110	13010
	SEM	143	89	50	228	106	109	76	205	123	118	120	215
ei lietettä	0	5550	4910	3460	13920	5080	4750	3110	12940	5140	3940	3370	12450
ei lietettä	50	5690	5090	3480	14270	5220	4850	3220	13170	5470	4570	3470	13510
ei lietettä	100	5410	4930	3380	13720	4980	4830	3010	12830	5460	4360	3250	13080
ei lietettä	150	5220	5000	3530	13750	4900	4910	3180	12990	5480	4260	3150	12890
ei lietettä	200	5330	4840	3440	13610	5290	4940	3160	13390	5850	4450	3070	13370
liete	0	5310	4420	3320	13060	5190	4300	3120	12620	5370	4240	3010	12630
liete	50	5210	4240	3380	12830	5040	4690	3180	12920	5550	3970	3200	12730
liete	100	5480	4370	3290	13130	4960	4350	3130	12440	5540	4160	3240	12940
liete	150	5500	4250	3310	13060	5100	4390	3080	12570	5750	4020	3110	12880
liete	200	5410	4370	3400	13180	4990	4260	3020	12280	5410	4100	3140	12660
	Ka	5410	4640	3400	13450	5080	4630	3120	12820	5500	4210	3200	12910
	SEM	190	126	71	323	157	154	108	303	173	157	156	303
p-arvot	liete	0,79	0,005	0,138	0,085	0,76	0,019	0,79	0,15	0,80	0,21	0,43	0,39
	K-taso	0,93	0,94	0,46	0,92	0,49	0,42	0,55	0,41	0,073	0,46	0,31	0,13
	yhd.v.	0,052	0,14	0,57	0,11	0,27	0,42	0,53	0,22	0,10	0,024	0,31	0,16

Liite 6. D-arvot Maaningalla niitoittain ja vuosittain.

Liete	K-taso	2012			2013			2014		
		D-arvo, g/kg ka			D-arvo, g/kg ka			D-arvo, g/kg ka		
		1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato
ei lietettä		708	661		643	706	681	653	664	735
liete		700	668		637	700	677	649	667	723
	SEM	1,7	3,7		2,2	2,2	1,6	1,8	2,8	5,3
	0	709	676 ^{bcd}		658 ^{abcd}	726 ^{abcd}	698 ^{abcd}	665 ^{abcd}	679 ^{bcd}	745 ^{bcd}
	50	701	671 ^{cd}		642 ^d	709 ^{bcd}	686 ^{bcd}	652	674 ^{bcd}	735 ^{cd}
	100	700	664		638	699 ^d	673	645	664	726
	150	703	657		636	693	672	648	656	721
	200	707	655		626	690	669	646	657	719
	SEM	2,7	3,5		3,1	2,2	2,3	2,9	3,1	4,5
ei lietettä	0	715	674		662	733	698	668	680	750
ei lietettä	50	701	667		645	712	688	651	673	740
ei lietettä	100	707	661		642	701	676	647	659	732
ei lietettä	150	705	652		640	694	672	648	658	729
ei lietettä	200	710	652		625	692	673	652	651	727
liete	0	702	677		654	718	697	662	678	740
liete	50	701	675		638	706	683	653	674	730
liete	100	693	667		633	696	669	642	669	719
liete	150	701	662		633	692	672	647	654	713
liete	200	705	659		627	689	666	640	662	710
	ka	704	664		640	703	679	651	666	729
	SEM	3,7	4,9		4,3	3,1	3,1	4,0	3,9	6,3
p-arvot	liete	0,005	0,24		0,11	0,096	0,038	0,103	0,10	0,13
	K-taso	0,090	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	yhd.v.	0,29	0,85		0,62	0,10	0,75	0,50	0,028	0,83

Liite 7. D-arvot Mikkelissä niitoittain ja vuosittain.

Liete	K-taso	2012			2013			2014		
		D-arvo, g/kg ka			D-arvo, g/kg ka			D-arvo, g/kg ka		
		1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato
ei lietettä		643	658		644	671	711	663	660	715
liete		642	668		643	673	707	655	660	707
	SEM	3,2	2,9		2,8	4,1	3,7	1,9	3,1	1,8
	0	659 ^{bcd}	670 ^d		660 ^{abcd}	693 ^{abcd}	721 ^{cd}	677 ^{abcd}	669 ^c	722 ^{bcd}
	50	649 ^{cd}	663		652 ^{bcd}	674	709	667 ^{bcd}	667 ^c	716 ^c
	100	638	664		639 ^c	668	709	658 ^{cd}	658	707
	150	635	660		632	662	703	648	650	704
	200	632	659		633	662	705	645	655	705
	SEM	3,3	3,4		3,1	4,9	4,2	2,5	4,1	2,8
ei lietettä	0	659	668		663	698	721	685	668	730
ei lietettä	50	652	660		655	675	711	674	671	723
ei lietettä	100	640	663		641	669	710	663	662	709
ei lietettä	150	635	648		628	655	711	651	652	705
ei lietettä	200	631	650		631	656	703	644	647	708
liete	0	659	673		657	687	721	670	670	714
liete	50	645	666		649	673	708	660	663	710
liete	100	637	665		638	668	708	653	655	705
liete	150	636	671		635	669	694	646	648	704
liete	200	634	667		636	668	707	646	663	703
	ka	643	663		643	672	709	659	660	711
	SEM	4,7	4,5		3,5	6,3	5,9	3,3	5,8	3,9
p-arvot	liete	0,80	0,055		0,72	0,62	0,50	<0,001	0,99	0,004
	K-taso	<0,001	0,040		<0,001	<0,001	0,021	<0,001	0,010	<0,001
	yhd.v.	0,69	0,041		0,026	0,14	0,35	0,042	0,24	0,26

Liite 8. D-arvot Ruukissa niitoittain ja vuosittain.

Liete	K-taso	2012			2013			2014		
		D-arvo, g/kg ka			D-arvo, g/kg ka			D-arvo, g/kg ka		
		1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato
ei lietettä		705	696	711	687	695	692	675	646	684
liete		707	692	707	681	690	687	675	644	675
	SEM	2,9	1,8	2,5	2,5	3,8	2,4	2,7	4,2	3,7
	0	719 ^{bcd}	707 ^{abcd}	721 ^{abcd}	693 ^d	707 ^{bcd}	703 ^{bcd}	696 ^{abcd}	662 ^{abcd}	694 ^{bcd}
	50	710 ^{cd}	697 ^{cd}	709 ^d	687	701 ^{cd}	696 ^{bcd}	681 ^{cd}	645	680
	100	704	692	707	684	690	684	671	642	677
	150	700	687	705	682	685	681	662	635	674
	200	697	687	701	674	683	682	665	642	673
	SEM	3,2	2,2	2,9	4,1	4,0	2,5	3,3	4,3	4,1
ei lietettä	0	719	714	726	701	711	710	698	665	699
ei lietettä	50	710	700	711	685	703	701	682	650	682
ei lietettä	100	702	691	710	685	692	687	672	644	683
ei lietettä	150	698	688	709	690	687	683	663	629	680
ei lietettä	200	695	685	698	673	685	679	661	642	679
liete	0	718	700	716	685	703	696	693	658	689
liete	50	710	693	708	689	699	691	681	640	679
liete	100	707	693	705	683	687	682	670	639	671
liete	150	702	686	700	675	683	680	662	640	669
liete	200	700	690	705	675	680	686	668	642	667
	ka	706	694	709	684	693	689	675	645	680
	SEM	4,0	3,0	3,4	6,3	5,0	3,6	4,7	5,8	6,1
p-arvot	liete	0,47	0,27	0,028	0,13	0,26	0,18	0,92	0,70	0,11
	K-taso	<0,001	<0,001	<0,001	0,020	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	yhd.v.	0,83	0,018	0,019	0,22	0,99	0,021	0,71	0,18	0,88

Liite 13. Kationi-anionitasapainoon (DCAD) vaikuttavien ravinteiden pitoisuudet, DCAD, ekvivalenttisuhte ja KN-suhde kasvustossa 2. sadossa Mikkelissä.

2. sato		Mikkeli 2012							Mikkeli 2013							Mikkeli 2014							
Liete	K-taso	K	Na	Cl*	S	DCAD	Ekv.	K:N	K	Na	Cl*	S	DCAD*	Ekv.	K:N	K	Na	Cl	S**	DCAD	Ekv.	K:N	
	kg/ha	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka			g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka			g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka			
ei		22,8	0,04	9,1	1,5	208	2,4	1,42	24,7	0,01	10,4	2,2	105	2,0	1,1	23,1	0,025	9,7	2,5	164	2,0	1,1	
liete		24,4	0,04	11,0	1,1	240	3,0	1,87	30,2	0,01	15,5	1,9	166	2,9	1,4	31,9	0,009	13,3	1,7	335	3,3	1,6	
SEM		0,38	0,004		0,04	14,8	0,07	0,041	0,71	0,001		0,04		0,11	0,05	0,97	0,0027	0,19		22,5	0,14	0,05	
0	19,0 ^{abcd}	0,04	3,6 ^{abcd}	1,5 ^{bd}	284 ^{abcd}	1,9 ^{abcd}	1,25 ^{abcd}		21,5 ^{abcd}	0,01	4,5 ^{abcd}	2,2 ^{cd}	196 ^{abcd}	1,8 ^{abcd}	0,98 ^{abcd}	21,0 ^{abcd}	0,023 ^d	4,2 ^{abcd}	2,5 ^{abcd}	271	1,8 ^{abcd}	1,0 ^{abcd}	
50	22,3 ^{cd}	0,04	9,2 ^{bcd}	1,4	227	2,4 ^{bcd}	1,53 ^{bcd}		26,1 ^{cd}	0,01	12,1 ^{bcd}	2,1 ^d	134	2,2 ^{cd}	1,18 ^{cd}	25,2 ^{bcd}	0,018 ^d	9,5 ^{bcd}	2,1 ^d	243	2,3 ^{cd}	1,2 ^{bcd}	
100	23,9 ^{cd}	0,04	11,7 ^{cd}	1,3	202	2,8 ^d	1,71 ^d		28,2	0,01	14,7 ^{cd}	2,1 ^d	116	2,4 ^{cd}	1,20 ^{cd}	27,7 ^{cd}	0,019	12,5 ^{cd}	2,0 ^d	229	2,6 ^{cd}	1,4 ^{cd}	
150	26,4	0,04	14,1	1,3	198	3,1	1,83		30,6	0,01	17,5	1,9	120	2,9	1,37	31,2	0,015	15,1 ^d	2,0	249	3,0 ^d	1,5	
200	26,4	0,04	13,9	1,2	207	3,3	1,91		30,7	0,01	18,1	1,9	111	3,0	1,50	32,3	0,010	16,2	1,9	255	3,4	1,6	
SEM	0,55	0,005		0,05	12,9	0,09	0,051		0,91	0,002		0,05		0,12	0,05	0,80	0,0031	0,27		19,9	0,15	0,04	
ei	0	15,7	0,03	1,7	1,8	245	1,4	0,9	16,6	0,02	1,3	2,6	156	1,1	0,7	14,1	0,033	0,9	3,3	158	0,9	0,6	
ei	50	20,0	0,04	7,8	1,5	197	2,0	1,3	22,5	0,01	9,8	2,3	97	1,7	1,0	19,5	0,028	7,2	2,6	138	1,5	0,9	
ei	100	23,4	0,05	11,3	1,4	192	2,6	1,5	23,9	0,01	11,7	2,2	83	1,8	1,0	22,5	0,028	10,2	2,4	140	1,9	1,1	
ei	150	27,1	0,04	14,6	1,6	185	2,9	1,6	29,6	0,01	16,3	2,1	113	2,6	1,2	28,1	0,023	14,2	2,4	171	2,4	1,4	
ei	200	27,9	0,04	14,4	1,4	220	3,2	1,8	31,0	0,01	19,1	2,0	84	2,9	1,5	31,3	0,015	16,2	2,1	215	3,1	1,5	
liete	0	22,2	0,05	6,3	1,2	323	2,4	1,6	26,3	0,01	9,6	1,9	241	2,4	1,2	27,8	0,013	7,6	1,8	385	2,7	1,4	
liete	50	24,6	0,04	10,6	1,2	257	2,8	1,8	29,9	0,01	14,8	2,0	178	2,7	1,3	30,9	0,008	11,8	1,8	348	3,1	1,5	
liete	100	24,3	0,03	12,0	1,2	212	2,9	1,9	32,5	0,01	18,0	2,0	153	3,0	1,4	32,9	0,010	14,8	1,7	317	3,3	1,6	
liete	150	25,8	0,05	13,6	1,1	211	3,3	2,0	31,7	0,01	18,7	1,8	127	3,1	1,5	34,4	0,008	15,9	1,7	328	3,7	1,7	
liete	200	25,0	0,04	13,5	1,1	195	3,3	2,0	30,5	0,01	17,2	1,8	141	3,1	1,5	33,3	0,005	16,2	1,7	295	3,8	1,7	
ka		23,6	0,04	10,6	1,3	224	2,7	1,6	27,4	0,01	13,7	2,1	137	2,5	1,2	27,5	0,017	11,5	2,1	249	2,6	1,4	
SEM		0,76	0,007		0,06	18,2	0,12	0,1	1,20	0,002		0,07		0,15	0,07	1,13	0,0040	0,39		28,1	0,17	0,06	

P-arvo liete **0,002** 0,72 **0,032** <0,001 0,18 **0,008** **0,001** **0,006** 0,75 <0,001 <0,001 **0,035** **0,005** **0,014** <0,001 **0,004** <0,001 <0,001 **0,011** <0,001 <0,001
 K-taso <0,001 0,78 <0,001 **0,006** <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 0,46 <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 **0,002** <0,001 <0,001 0,14 <0,001 <0,001
 yhd.v. <0,001 0,065 <0,001 **0,030** **0,003** **0,002** **0,007** <0,001 0,050 <0,001 **0,007** 0,29 <0,001 <0,001 <0,001 0,29 <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 <0,001

* Käytetty neliöjuurimuunnosta.
 ** Käytetty logaritimuunnosta.

Liite 14. Kationi-anionitasapainoon (DCAD) vaikuttavien ravinteiden pitoisuudet, DCAD, ekvivalenttisuhte ja KN-suhde kasvustossa 3. sadossa Mikkelissä.

3. sato		Mikkeli 2013							Mikkeli 2014						
Liete	K-taso	K	Na	Cl	S	DCAD	Ekv.	K:N	K	Na	Cl	S	DCAD	Ekv.	K:N
	kg/ha	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka			g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka		
ei		20,3	0,01	6,7	2,3	134	1,6	1,1	23,6	0,025	8,5	3,0	178	1,8	0,9
liete		25,5	0,01	11,0	1,7	204	2,6	1,5	31,8	0,019	13,4	2,5	283	2,8	1,3
SEM		0,88	0,002	0,51	0,03	16,3	0,07	0,04	0,57	0,0035	0,21	0,04	14,5	0,11	0,03
0	18,3 ^{abcd}	0,01	3,3 ^{abcd}	2,2 ^{bcd}	208 ^{bcd}	1,6 ^{abcd}	1,1 ^{abcd}		22,5 ^{bcd}	0,026	3,9 ^{abcd}	3,1 ^{abcd}	276 ^d	1,6 ^{abcd}	0,9 ^{abcd}
50	21,4 ^{bcd}	0,01	6,7 ^{bcd}	2,0	184	1,9 ^{cd}	1,2 ^{cd}		25,5 ^{cd}	0,020	8,0 ^{bcd}	2,8 ^{cd}	253	2,0 ^{cd}	1,0 ^{cd}
100	23,2 ^{cd}	0,01	9,7 ^{cd}	1,9	157	2,1 ^{cd}	1,3 ^d		28,3 ^d	0,021	12,2 ^{cd}	2,7 ^d	214	2,3 ^d	1,1 ^d
150	25,5	0,01	11,8 ^d	1,9	154	2,4	1,4		30,8	0,018	14,6 ^d	2,7	210	2,6	1,2
200	26,1	0,01	13,0	1,9	142	2,6	1,5		31,5	0,023	15,9	2,5	201	2,9	1,3
SEM	0,74	0,002	0,55	0,05	18,3	0,08	0,04		0,81	0,0035	0,33	0,05	19,8	0,12	0,04
ei	0	15,0	0,01	1,3	2,5	128	1,1	0,8	17,4	0,033	1,2	3,4	197	1,1	0,6
ei	50	18,0	0,01	3,9	2,4	145	1,3	1,0	21,2	0,023	5,4	3,1	198	1,5	0,8
ei	100	19,9	0,01	6,7	2,2	135	1,6	1,1	23,3	0,023	8,8	2,9	170	1,7	0,9
ei	150	23,0	0,01	9,4	2,2	140	2,0	1,3	27,6	0,020	12,7	3,0	164	2,1	1,1
ei	200	25,4	0,01	12,3	2,1	124	2,3	1,4	28,6	0,025	14,2	2,8	163	2,5	1,1
liete	0	21,7	0,01	5,3	1,9	289	2,1	1,3	27,6	0,020	6,5	2,8	354	2,2	1,1
liete	50	24,8	0,01	9,4	1,7	223	2,4	1,4	29,9	0,018	10,6	2,6	307	2,6	1,2
liete	100	26,5	0,02	12,7	1,7	179	2,7	1,5	33,4	0,020	15,7	2,5	257	3,0	1,4
liete	150	27,9	0,02	14,2	1,7	168	2,8	1,5	33,9	0,015	16,6	2,4	256	3,1	1,3
liete	200	26,7	0,01	13,6	1,6	161	2,9	1,6	34,3	0,020	17,5	2,3	240	3,3	1,4
ka		22,9	0,01	8,9	2,0	169	2,1	1,3	27,7	0,022	10,9	2,8	231	2,3	1,1
SEM		1,08	0,003	0,75	0,07	22,5	0,11	0,05	1,09	0,0049	0,47	0,07	26,3	0,15	0,05

P-arvo liete **0,023** 0,095 **0,008** <0,001 **0,018** <0,001 <0,001 **0,006** <0,001 0,29 <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 **0,002** <0,001
 K-taso <0,001 0,45 <0,001 <0,001 **0,006** <0,001 <0,001 <0,001 <0,001 0,27 <0,001 <0,001 **0,022** <0,001 <0,001
 yhd.v. <0,001 0,22 **0,009** 0,36 **0,005** **0,034** **0,005** 0,11 0,76 **0,006** 0,068 0,53 0,56 0,059

5 Uudistuseläinten kasvatuksen ulkoistaminen emolehmätuotannossa

Hannu Viitala¹, Risto Kauppinen¹, Pirjo Suhonen¹, Arto Huuskonen² ja Maiju Pesonen²

¹ Savonia-ammattikorkeakoulu, PL 72, 74101 Iisalmi, etunimi.sukunimi@savonia.fi

² MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tilojen välisen työnjaon mahdollisuuksia emolehmätilojen uudistuseläinten kasvatuksessa. Keväällä 2012 toteutetussa kyselyssä selvitettiin tuottajien kiinnostusta uudistuseläinten kasvatuksen ulkoistamiseen ja ulkoistamisen vaikutusta tilojen tuotantokustannuksiin.

Kysely lähetettiin 245 emolehmätilalle. Kyselyyn vastasi 120 tilaa (vastausprosentti 48,9 %). Tilat jaettiin vastausten perustella neljään kokoluokkaan: alle 20, 21–50, 51–80 ja yli 80 emolehmän tiloihin. Reilu viidennes (22,5 %) vastaajista oli kiinnostunut uudistuseläinten kasvatuksen ulkoistamisesta. Kiinnostus oli jokseenkin tasaisesta kaikissa kokoluokissa. Eniten kiinnostusta (28 % vastaajista) oli tilakokoluokassa 21–50 emoa. Kyselyyn vastanneista 61 % ostaisi uudistuseläimen mieluummin toiselta tilalta, kuin käyttäisi ammattimaista hiehojen kasvattajaa. Yleisin tilojen vuosittainen uudistuseläinmäärä oli 3–8 kappaletta.

Vastaajista 42 % uskoi tilan työmäärän vähenevän, jos tila ulkoistaisi uudistuseläinten kasvatuksen. Tilat arvioivat emolehmiensä määrän kasvavan 10–20 kappaleella mahdollisen ulkoistamisen myötä. Tämän todettiin vaikuttavan kannattavuuteen, koska myytävät lihamäärät kasvaisivat (40 % vastaajista). Toisaalta arvioitiin, että uudistuseläimiltä vapautuneita paikkoja ei kaikilta osin voida ottaa emojen käyttöön. Uudistuseläimille tarkoitetut paikat ja rakenteet ovat liian pieniä täysikasvuisille emolehmille.

Tiloista 74 % olisi valmis maksamaan hiehon kasvattajalle 500–900 euroa eläintä kohti kasvatusajalta. Kasvatusaika ajoittuu välille vieroitus–kaksi kuukautta ennen poikimista, jolloin hieho siirretään takaisin emolehmätilalle.

Kasvattamon kannattavuuden kannalta tärkein tekijä on hinta, jonka emolehmätuottajat olisivat valmiita maksamaan kasvatuspäivää kohti. Korkein kyselyssä saatu hinta-arvio oli 5 euroa päivältä. Tämän tutkimuksen mukaan yleisin päivältä maksettava hinta olisi 1–2 euroa (1,81±1,07) päivältä. Alhaisin esitetty päivähinta 0,74 € ei kata kasvattamon kustannuksia. Kasvatuspäivän hinta 2,88 € on taas niin korkea, että jos kasvattamo pyytäisi tätä hintaa, olisi eläinten tuotantokustannus korkeampi kuin omalla tilalla kasvatessa (1296–1497 €).

Päätoiminen uudistuseläimen kasvatusta on taloudellisesti haastavaa. Toiminta sopisi emolehmätiloille tai muille nautatiloille, joilla on ylimääräisiä, toimivia rakennuksia. Kasvatustoiminta voisi tuoda lisäansioita päätuotannon ohessa. Kasvatuspäivän hintaa koskevaan kysymykseen vastaajia oli vähän (n=20). Hinnan suuri keskihajonta viittaa siihen, että uudistuseläinten kasvatuksen kustannuksia ei riittävästi tunneta.

Avainsanat:

naudanlihantuotanto, emolehmät, uudistuseläimet, ulkoistaminen

5.1 Johdanto

Emolehmien määrä on kasvanut tasaisesti viime vuosina. Suomessa oli vuonna 2012 emolehmiä yhteensä 57 951 kappaletta. Ruotsissa oli vuonna 2011 puolestaan 195 653 emolehmää ja Tanskassa 98 700. Suomessa vuonna 2012 emolehmätilojen kokonaismäärä oli 2 239 tilaa. Keskimäärin emolehmätilalla oli 25,9 emolehmää. Suuria, yli 100 emolehman tiloja, oli vain 46 kappaletta. Tuotanto on vielä selvästi painottunut pieniin tilakokoihin. Tiloista 41,3 prosenttia on alle 15 emolehman tiloja.

Eniten emolehmiä oli Pohjois-Pohjanmaalla, 7 000 kappaletta. Toiseksi eniten emolehmiä oli Pohjois-Savossa, 5 700 kpl. Kolmantena tilastossa on Etelä-Pohjanmaa 5 400 emolehmällä. Neljäs oli Pohjanmaa 5 200 emolehmällä. Viidenneksi eniten emolehmiä oli Pirkanmaalla, 4 900 kappaletta.

Emolehmätiloilla lehmien karsinta tehdään pääsääntöisesti heti vasikoiden vieroituksen jälkeen. Karsittavien emolehmien tilalle kasvatetaan uudistuseläimet omasta karjasta. Uudistuseläinten osto niiden tuottamiseen erikoistuneilta tiloilta tai jalostustiloilta on myös mahdollista.

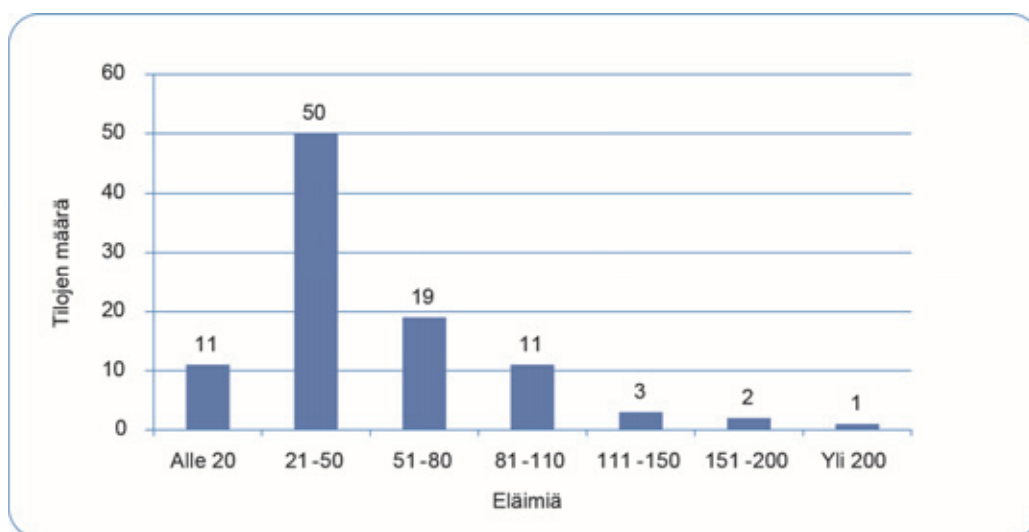
Uudistukseen tarkoitettujen vasikoiden ja hiehojen kasvatusta aiheuttaa kuluja ja työtä. Jos emolehmätilan uudistuseläimet kasvatettaisiin muualla, tilalla ei olisi näitä ”tuottamattomia” eläimiä. Hiehojen kasvatuksen ulkoistaminen on jo yleistä lypsykarjatuotannossa. Kiinnostusta ulkoistamiseen on myös emolehmätuotannossa. Emotiloilla ulkoistettu hiehoikasvatus tarkoittaa kuitenkin erilaista toimintamallia kuin lypsykarjatilalla, eivätkä maidontuotannon mallit ole suoraan sovellettavissa emotiloille. Emotilojen kiinnostusta hiehonkasvatusta ulkoistamiseen selvitettiin tuottajille suunnatun kyselyn pohjalta.

5.2 Aineisto ja menetelmät

Emolehmätiloille suunnattu kysely toteutettiin keväällä 2012 ja se lähetettiin yhteensä 245 tilalle. Sähköisenä kysely lähetettiin Webropol-ohjelman kautta 145:lle ja postin kautta paperisena versiona 50 emolehmätilalle. Lisäksi kysely lähetettiin HK Agrin asiakaskanavia käyttäen 50 emolehmätilalle. Kyselyyn vastasi 120 tilaa. Vastausprosentti oli 48,9.

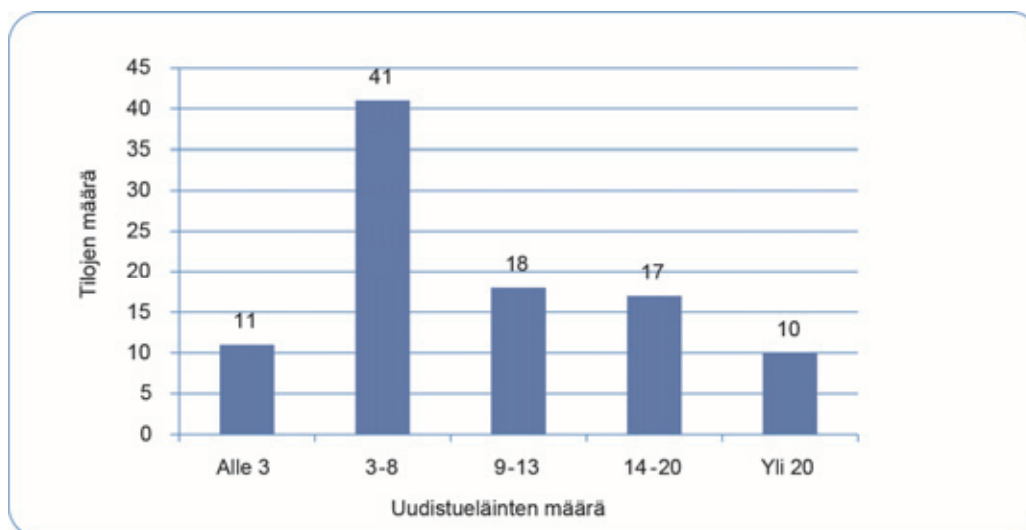
5.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Valtaosa emolehmätiloista sijoittui eläinmäärältään kokoluokkaan 21–50 emolehmää (Kuva 1). Toinen merkittävä kokoluokka oli 51–80 emolehmää. Kyselyn perusteella voitiin todeta, että 69 prosentilla tiloista ei ollut muita tuotantoeläimiä emolehmien lisäksi. Yleisimmät muut tuotantoeläimet olivat lypsylehmät ja lihanaudat. Yleisimmät rodut tiloilla olivat hereford, joita oli vastanneista 50 tilalla, sekä aberdeen-angus, joita oli 45 tilalla. Roturisteytyksiä oli 24 tilalla.



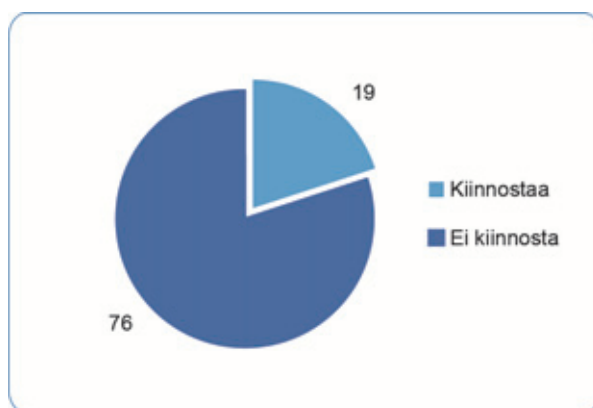
Kuva 1. Emojen lukumäärä tiloilla (n=97).

Eniten kiinnostusta ulkoistamista kohtaan osoitettiin tiloilla, joilla oli 21–50 tai yli 80 emolehmiä. Suurinta kiinnostus on kokoluokassa 21–50, jossa kiinnostuneita on 26 prosenttia. Kuvassa 2 nähdään, kuinka monta uudistuseläintä kyselyyn vastanneet tilat kasvattavat vuosittain. Valtaosalla tiloista kasvatetaan vuosittain 3–8 uudistuseläintä.



Kuva 2. Vuosittain kasvatettavien uudistuseläinten lukumäärä (n=97).

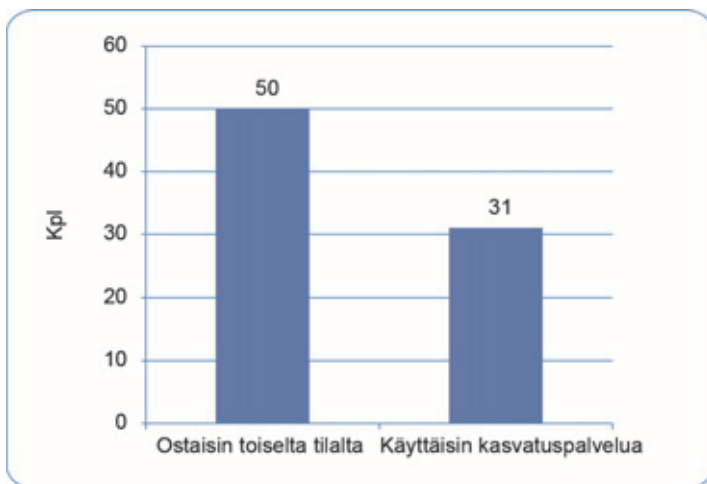
Kolmasosa vastaajista totesi, että tilan eläinmäärää voitaisiin nostaa kasvattamalla uudistuseläimet ammattikasvattajalla. Tilat arvioivat emolehmiensä määrän kasvavan 10–20 kappaleella mahdollisen ulkoistamisen myötä. Tämän todettiin vaikuttavan kannattavuuteen, koska myytävien pihvivasikoiden/naudanlihan määrät kasvaisivat (40 prosenttia vastaajista). Toisaalta arvioitiin, että uudistuseläimiltä vapautuneita paikkoja ei kaikilta osin voida ottaa emojen käyttöön. Uudistuseläimille tarkoitetut paikat ja rakenteet ovat liian pieniä täysikasvuille emolehmille. Viidesosalla vastanneista olisi kiinnostusta toimia myös kasvattajana (Kuva 3).



Kuva 3. Emolehmätilojen kiinnostus toimia ulkoistettujen hiehojen kasvattajina (n=95).

Vastanneista 58 prosenttia oli sitä mieltä, että työmäärä ei juuri vähene hiehonkasvatuksen ulkoistamisen myötä. Useat vastanneet (42 prosenttia) kuitenkin uskoivat työmäärän vähenevän ja työn luonteen selkiytyvän. Työn selkiytymiseen vaikuttavat eniten laidunnuksen ja ruokinnan yksinkertaistuminen.

Kyselyssä selvitettiin myös, mistä tilat hankkisivat uudistushiehonsa, jos he eivät kasvattaisi niitä itse. Yli puolet vastanneista (61 prosenttia) ostaisi mieluummin hiehot toiselta tilalta, kuin käyttäisi kasvatuspalvelua (Kuva 4). Kolmasosa voisi käyttää kasvatuspalvelua (n=81).



Kuva 4. Uudistukseen tarvittavien hiehojen hankintamenettely, jos tila ei kasvata hiehoja itse (n=81).

5.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kyselyn perusteella voidaan todeta, että emolehmätuottajilla on kiinnostusta hiehonkasvatuksen ulkoistamista kohtaan. Eniten tuottajia mietityttävät toiminnassa eläintautien leviäminen sekä uudistuseläinten käsittelyn puute. Tuottajat haluavat käsitellä eläimiään alusta asti itse, jotta niiden käsittely olisi helpompaa. Vieroituksen jälkeinen aika on kuitenkin otollisinta eläimen kesytysaikaa. Vastanneiden mielestä on tärkeää, että eläimet oppivat tilan ja tuottajien tavat ja että tuottajat oppivat yksittäisen eläimen tavat.

Kasvatuksen ulkoistamisen suurimpana etuna pidettiin tilan tarvitsemien sonnien määrän vähentymistä. Tämä johtuu siitä, että sama sonni voisi olla tilalla pidempään. Lisäksi tilalla ei tarvitsisi myöskään olla omaa sonnia hiehoille. Hyötynä nähtiin myös keskittyminen vain emolehmiin. Tällöin tuotanto on yksinkertaisempaa, ja tuotettava pihvivasikoiden/naudanlihan määrä voidaan maksimoida.

Kasvattamon kannattavuuden kannalta tärkein tekijä on hinta, jonka emolehmätuottajat olisivat valmiita maksamaan kasvatuspäivää kohti. Tiloista 74 prosenttia olisi valmis maksamaan hiehon kasvattajalle 500–900 euroa eläintä kohti kasvatusajalta. Kasvatusaika ajoittuu välille vieroitus–kaksi kuukautta ennen poikimista, jolloin hieho siirretään takaisin emolehmätilalle.

Tämän tutkimuksen mukaan yleisin päivältä maksettava hinta olisi 1–2 euroa ($1,81 \pm 1,07$) päivältä. Päivähinta 0,74 euroa ei kata kasvattamon kustannuksia. Kasvatuspäivän hinta 2,88 euroa on taas niin korkea, että jos kasvattamo pyytäisi tätä hintaa, olisi eläinten tuotantokustannus korkeampi kuin omalla tilalla kasvattaessa (1296–1497 euroa).

Päätoiminen uudistuseläimen kasvatus on taloudellisesti haasteellista. Toiminta sopisi emolehmätiloille tai muille nautatiloille, joilla on ylimääräisiä, toimivia rakennuksia. Kasvatustoiminta voisi tuoda lisäansioita päätuotannon ohessa. Kasvatuspäivän hintaa koskevaan kysymykseen vastaajia oli vähän (n=20). Hinnan suuri keskihajonta viittaa siihen, että uudistuseläinten kasvatuksen kustannuksia ei riittävästi tunneta.

5.5 Kirjallisuus

Husdjur. 2012. Jordbruks verket. Viitattu 15.01.2013. Saatavissa: <<http://www.jordbruksverket.se>>

Matilda maataloustilastot. 2012. Emolehmien lukumäärä karjakokoluokittain 1.5.2012. Nautojen lukumäärä 1.12.2011. Viitattu 25.10.2012. Saatavissa: <<http://www.maataloustilastot.fi/kotielainten-lukumaara>>

Statistics. 2011. Beef 2012. Viitattu 15.01.2013. Saatavissa: <http://www.agricultureandfood.dk>

Vehkaoja, S. & Holmström, M-H. 2006. Emolehmätuotanto. Teoksessa Tauriainen, S. (toim.) Naudanlihantuotanto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 121–175.

6 Hiehojen hankintakustannukset emolehmätilalla

Seppo Mönkkönen¹, Hannu Viitala¹, Risto Kauppinen¹, Arto Huuskonen² ja Maiju Pesonen²

¹ Savonia-ammattikorkeakoulu, PL 72, 74101 Iisalmi, etunimi.sukunimi@savonia.fi

² MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Osiassa selvitettiin, mitkä ovat hiehojen tuotantokustannukset emotiloilla ja mikä on kustannustehokkain tapa tuottaa uudistuseläimiä. Tutkimus toteutettiin kahdella 75 emolehmän tilalla C2-tukialueella. Toisella niistä oli aberdeen angus- ja hereford-risteytyskarja ja toisella puhdas limousin-karja. Tuotantokustannuksia vertailtiin myös karjojen välillä.

Uudistusmallissa 1 (kontrolli) uudistuseläimet kasvatettiin tilalla itse ja eläinten tiineyttämiseen käytettiin sonnina. Hiehot astutettiin tilalla olevalla angus- tai hereford-sonnilla ja useammin poikineet lehmät limousin-sonnilla. Keskikokoisen rodun sonnina oli kuitenkin käytettävä astumaan vanhempia emoja, joilta hahuttiin karjaan hiehoja uudiseläimiksi. Tämä siksi, että saatiin pidettyä emoaines kahden kevyen rodun risteytyksenä. Mallissa tilalla on kaksi keskikokoisen rodun ja kaksi raskaan rodun sonnina. Puhdasrotuisessa limousin-karjassa käytettiin luonnollisesti vain saman rodun sonneja. Uudistusmalli 2 vaikuttaa työtä yksinkertaistavasti. Koska uudiseläimet ostetaan tiineinä, sonnit voivat olla kaikki raskaan rodun sonneja, ja vasikoista kaikki lähtevät vieroituksen jälkeen loppukasvatukseen. Hiehojen on ajateltu saapuvan tilalle 4 kuukautta ennen poikimista, joten myös tässä mallissa hiehojen ruokinnasta ja hoidosta muodostuu hieman kuluja. Nämä kulut ovat kuitenkin huomattavasti muita malleja pienemmät. Mallissa 3 uudistukseen käytettävät hiehot keinosiemennetään, ja tilalla on ainoastaan raskaan rodun sonneja astumassa vanhempia lemmiä. Siementäminen lisää kiimantarkkailutyön määrää hiehojen kohdalla. Lisäksi tässä mallissa joudutaan keinosiementämään myös osa vanhemmista lehmistä, jotta saadaan uudistukseen kevyen rodun risteytyksiä. Näin ollen kiimantarkkailutyötä joudutaan lisäämään jonkin verran myös emoille. Sonneja tilalla tarvitaan tässä tapauksessa vain kaksi kappaletta. Malli 4 on sinällään yksinkertainen, sillä kaikki tilan eläimet keinosiemennetään. Tila ei tarvitse lainkaan siitossonneja. Kiimantarkkailutyötä joudutaan kuitenkin lisäämään koko karjalle. Mallista 4 toteutettiin myös versio, jossa käytettiin sekstattua siementä. Tällöin on mahdollista hyödyntää hiehoilta vapautuva kasvatustila emoille ja tila voi keskittyä hyvien pihvivasikoiden tuottamiseen.

Hiehojen tuotantokustannus vaihteli hankintatavasta riippuen angus- ja hereford-risteytyskarjassa 1320–1555 euron ja puhdasrotuisessa limousin-karjassa 1575–1845 euron välillä. Kiinteät kustannukset koostuivat rakennus- ja konekustannuksista. Työtunnin hintana käytettiin 15,5 euroa ja yleiskustannuksena 15 prosenttia liikevaihdosta. Puhdasrotuisessa karjassa tuotantokustannukset olivat hieman korkeammat korkeammasta ruokintakustannuksesta johtuen. Raskas rotu hyötyi tiineiden uudiseläinten ostosta keskikoista rotua enemmän. Tämä johtui raskaan rodun hiehojen suuremmista rehukustannuksista, jotka jäivät pois jos eläimiä ei kasvatettu itse. Keskikokoisella rodulla eläinyksikköperusteiset tuet riittivät paremmin kompensoimaan rehukustannusta, kun taas raskaan rodun etu saavutettiin vasta rotulisien muodossa vasikkamyynissä.

Tässä tutkimuksessa malli 1 eli uudistuseläinten kasvattaminen itse oli paras vaihtoehto. Erot eivät kuitenkaan olleet niin suuria, että tuloksesta voitaisiin vetää pitäviä johtopäätöksiä. Monet tilakohtaiset tekijät muuttavat asetelman helposti. Emotiloilla kannattavuuden kannalta hyvin oleellinen asia on pellon määrä ja rehuomavaraisuus sekä pelto- ja luomutuet. Tässä vertailussa tukia ei huomioitu. Rehut laskettiin markkinahinnoin. Tilakohtaisesti on hyvä arvioida, mikä menetelmä on emotilan käytäntöjen kannalta paras.

Avainsanat:

naudanlihan tuotanto, emolehmät, hiehot, hankintamalli, hankintakustannus

6.1 Johdanto

Karjasta poistettujen emojen tilalle ja karjan uudistamiseen tarvittavat eläimet hankitaan emolehmitilalla pääsääntöisesti itse kasvattamalla tai ostamalla. Joillekin emotiloille keinosiemennyksen käyttö voisi olla harkinnan arvoinen vaihtoehto. Vaihtoehtoja on, mutta kustannuksissa on eroja. Kehitystä naudanlihan-tuotantoon -hankkeessa selvitettiin, mitkä ovat hiehojen tuotantokustannukset emotiloilla ja mikä on kustannustehokkain tapa tuottaa uudistuseläimiä. Tutkimus toteutettiin kahdella 75 emolehmän tilalla C2-tukialueella. Toisella niistä oli aberdeen angus- ja hereford-risteytyskarja ja toisella puhdas limousin-karja. Tuotantokustannuksia vertailtiin myös karjojen välillä.

6.2 Aineisto ja menetelmät

Hiehojen tuotantokustannus, eläinten hankintatavat ja hankintatapojen kustannustehokkuus selvitettiin kahdella emolehmitilalla C2-tukialueella. Molemmilla tiloilla oli 75 emoa, jotka kaikki olivat kevätpoikivia. Emojen tuotantovuosien määrä oli 6,5 vuotta. Ruokinta toteutettiin erillisruokintana. Apuna käytettiin paalisilppuria ja etukuormaimella varustettua traktoria. Laitumen ruokinnallinen arvo oli 3 kuukautta.

Vuotuinen uudistuseläinten tarve oli 14 kappaletta. Hiehot poikivat 24 kuukauden iässä. Vasikkakuolleisuus ja kaksosten syntyminen kompensoivat toisiaan. Uudistuseläimet tuotettiin pelkästään vanhoista emoista, joiden emo- ja tuotanto-ominaisuudet on pystytty arvioimaan. Ostettaessa hiehot tulivat tilalle 4 kuukautta ennen poikimista. Ruokintapäivät ostavalla tilalla ovat tällöin vähäisemmät kuin ostoissa, jotka tapahtuvat heti laidunkauden jälkeen. Hiehoja ostetaan myös heti laidunkauden päätyttyä, mutta tässä tutkimuksessa on käytetty edellä mainittua 4 kuukauden mallia.

Yhtä sonnia kohden oli 25 emon lauma. Sonnit olivat tilalla aina kolme vuotta kerrallaan. Siitossonnit lähtivät teuraaksi aina siitosuran päätyttyä, eikä niitä myyty jatkokäyttöön muille tiloille. Useamman kerran poikineille emoille käytettiin limousin-sonnia myös risteytyskarjassa. Risteytyskarjassa uudistukseen käytettävien emojen on oltava koko ajan risteytyksiä. Tila tarvitsi myös angus-sonnin ja hereford-sonnin, jotta rotu ei puhdistu liikaa.

Keinosiemennyspalvelut ostettiin tarvittaessa ulkopuolelta. Tiloilla ei ollut toimilupaa siementämiseen. Tavallista siementä käytettäessä puolet syntyvistä vasikoista on sonneja ja puolet lehmiiä. Seksattua siementä käytettäessä Y-siemen (urosvälikoitu siemen) tuottaa 85-prosenttisesti sonneja ja X-siemen 90-prosenttisesti lehmiiä. Siementämiseen siirtyminen lisää keskimäärin neljä tuntia työtä emoa kohti kiimantarkkailutyön vuoksi.

6.2.1 Viisi hiehojen hankintamallia

Uudistusmallissa 1 (kontrolli) uudistuseläimet kasvatettiin tilalla itse, ja eläinten tiineyttämiseen käytettiin sonnia. Hiehot astutettiin tilalla olevalla angus- tai hereford-sonnilla ja useammin poikineet lehmät limousin-sonnilla. Keskikokoisen rodun sonnia oli kuitenkin käytettävä astumaan vanhempia emoja, joilta haluttiin karjaan hiehoja uudiseläimiksi. Tämä siksi, että saadaan pidettyä emoaines kahden keskikokoisen rodun risteytyksenä. Mallissa tilalla on kaksi keskikokoisen rodun ja kaksi raskaan rodun sonnia. Puhdasrotuisessa limousin-karjassa käytettiin luonnollisesti vain saman rodun sonneja.

Uudistusmalli 2 vaikuttaa työtä yksinkertaistavasti. Koska uudiseläimet ostetaan tiineinä, sonnit voivat olla kaikki raskaan rodun sonneja, ja vasikoista kaikki lähtevät vieroituksen jälkeen loppukasvatukseen. Hiehojen on ajateltu saapuvan tilalle 4 kuukautta ennen poikimista, joten myös tässä mallissa hiehojen ruokinnasta ja hoidosta muodostuu hieman kuluja. Nämä kulut ovat kuitenkin huomattavasti muita malleja pienemmät.

Mallissa 3 uudistukseen käytettävät hiehot keinosiemennetään, ja tilalla on ainoastaan raskaan rodun sonneja astumassa vanhempia lehmiiä. Siementäminen lisää kiimantarkkailutyön määrää hiehojen kohdalla. Lisäksi tässä mallissa joudutaan keinosiementämään myös osa vanhemmista lehmistä, jotta saadaan uudistukseen kevyen rodun risteytyksiä. Näin ollen kiimantarkkailutyötä joudutaan lisäämään jonkin verran myös emoille. Sonneja tilalla tarvitaan tässä tapauksessa vain kaksi kappaletta.

Malli 4 on sinällään yksinkertainen, sillä kaikki tilan eläimet keinosiemennetään. Tila ei tarvitse lainkaan siitossonneja. Kiimantarkkailutyötä joudutaan kuitenkin lisäämään koko karjalle. Mallista 4 toteutettiin

myös versio, jossa käytettiin seksattua siementä. Tällöin on mahdollista hyödyntää hiehoilta vapautuva kasvatustila emoille, ja tila voi keskittyä hyvien pihvivasikoiden tuottamiseen.

6.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Hiehojen tuotantokustannus vaihteli hankintatavasta riippuen angus- ja hereford-risteytyskarjassa 1320–1561 euron ja puhdasrotuisessa limousin-karjassa 1575–1853 euron välillä (Taulukko1). Kiinteät kustannukset koostuivat rakennus- ja konekustannuksista. Työtunnin hintana käytettiin yleistä 15,5 euroa, ja yleiskustannuksena 15 prosenttia liikevaihdosta. Puhdasrotuisessa karjassa tuotantokustannukset olivat hieman korkeammat korkeammasta ruokintakustannuksesta johtuen. Raskas rotu hyötyi tiineiden uudiseläinten ostosta enemmän kuin keskikokoinen rotu. Tämä johtui raskaan rodun hiehojen suuremmista rehukustannuksista, jotka jäivät pois, jos eläimiä ei kasvatettu itse. Keskikokoisella rodulla eläinyksikköperusteiset tuet riittävät paremmin kompensoimaan rehukustannusta, kun taas raskaan rodun etu saavutetaan vasta rotulisien muodossa vasikkamyynnissä.

Taulukko 1. Emotilojen uudistuseläinten ja emojen tuotantokustannus ja kannattavuus.

	Uudistuseläimen hinta, €/eläin		Hiehon tuotantokustannus, €/eläin		Emon tuotantokustannus, €/eläin		Kannattavuuskerroin	
	Ab×Hf	Li	Ab×Hf	Li	Ab×Hf	Li	Ab×Hf	Li
Malli 1	742	997	1320	1575	1528	1800	0,36	0,22
Malli 2	+ 742	+ 576	+ 211	+ 127	+ 155	+ 161	- 0,21	- 0,13
Malli 3	+ 93	+ 99	+ 93	+ 99	+ 87	+ 35	- 0,16	- 0,09
Malli 4A	+ 235	+ 270	+ 235	+ 270	+ 125	+ 132	- 0,18	- 0,19
Malli 4B	+ 241	+ 278	+ 241	+ 278	+ 132	+ 128	+ 0,01	- 0,01

Malli 1: Uudistuseläimet kasvatetaan itse. Malli 2: Uudistuseläimet ostetaan tiineinä. Malli 3: Uudistukseen käytettävät emot siemennetään. Malli 4 A: Kaikki emot siemennetään. Malli 4 B: Käytetään seksattua siementä, kaikki emot siemennetään.

6.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kun uudiseläimet ostetaan tilalle tiineinä, hyödyn kannalta avainasemassa on ajankohta, jolloin hiehot emotilalle siirtyvät. Hiehon tilalle tulo vaikuttaa sen muodostamiin rehukustannuksiin ja työmäärään.

Ostamalla hiehot tilan ulkopuolelta voi onnistua eläinaineksen perinnöllisessä edistymisessä tehokkaammin. Uudistushiehojen kasvattaja voi keskittyä jalostamaan eläimiä, joiden emo-, kestävyys- ja rakennominaisuudet ovat mahdollisimman hyviä pitkäikäisen emolehmän kannalta. Tämä edellyttää toteutuakseen toimivia markkinoita, jotta todelliseen valintatilanteeseen päästään.

Siementäminen ei osoittautunut ainakaan laskennallisesti kannattavammaksi kuin siitossönnin käyttäminen. Näin ollen tuotot on hankittava jotain muuta kautta. Sukupuolilajitellun siemenen käyttö on harkinnan arvoinen vaihtoehto. Emon tuottoa saa parannettua, kun suurempi osa myytävistä vasikoista on sonneja. Seksatun siemenen käytöllä on mahdollista jaotella vasikoita tuotanto- ja uudistusvasikoihin. Käyttö tuo myös jalostuksellista etua. Uudistuseläimiä saa niiltä emoilta, joilta toivotaan jälkeläisiä jalostukseen.

Tässä tutkimuksessa malli 1 eli uudistuseläinten kasvattaminen itse oli paras malli. Erot eivät kuitenkaan ole niin suuria, että tuloksesta voitaisiin vetää pitäviä johtopäätöksiä. Monet tilakohtaiset tekijät muuttavat asetelman helposti. Emotiloilla kannattavuuden kannalta hyvin oleellinen asia on pellon määrä ja rehuomavaraisuus sekä pelto- ja luomutuet. Tässä vertailussa tukia ei huomioitu. Rehut laskettiin markkinahinnoin. Tilakohtaisesti on hyvä arvioida, mikä menetelmä on emotilan käytäntöjen kannalta paras.

7 Hiehojen rahtikasvatuksen kannattavuus emotiloilla

Risto Kauppinen¹, Seppo Mönkkönen¹, Hannu Viitala¹, Arto Huuskonen² ja Maiju Pesonen²

¹ Savonia-ammattikorkeakoulu, PL 72, 74101 Iisalmi, etunimi.sukunimi@savonia.fi

² MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Hiehojen kasvatuksen kustannuksia vertailtiin kahdella pohjoissavolaisella emotilalla ja yhdellä talouslaskelmiin nojaavalla tilamallilla. Hiehojen tuotantokustannuksesta rehujen osuus on merkittävä. Rehujen hintoina käytettiin markkinahintoja eikä tilahintoja. Näin laskelmista saatiin vertailukelpoisia. Jos tilan rehuntuotanto on kovin kallista, ei hiehonkasvatuksen kustannuksella ole merkitystä kokonaisuudessa. Tällöin hiehon tuotantokustannuksesta ei saa todellista kuvaa. Tilamallien lähtökohtana oli, että hiehot kasvatetaan tilalla, ja tätä vertaillaan hiehonkasvatuksen ulkoistamiseen eri päiväkasvatushinnoilla. Ulkoistamisvaihtoehdossa eläimet siirrettiin kasvattamoon vieroituksen jälkeen 6 kuukauden iässä. Kasvatamoaika oli 12 kuukautta tai vaihtoehtoisesti 18 kuukautta.

Kasvattamossa hiehoja pystytään kasvattamaan tietyin edellytyksin halvemmalla kuin omalla tilalla. Tilalla hiehon kasvatuspäivä maksaa 3,55–4,10 euroa. Ulkoistettaessa kasvatuskustannus vaihtelee 3,38 eurosta 3,44 euroon, kun kasvatuspäivän hinta on 2 euroa ja kasvatusaika 18 kuukautta. Kuljetuskustannuksena on käytetty 2,5 euroa kilometriltä. Emolehmätuottajan kannalta kiinnostavampi vaihtoehto kasvatusajaksi olisi 12 kuukautta. Tämä siksi, että eläimiä karsittaessa tilan tuotantorakennukseen ei jää tyhjiä paikkoja. Hiehoikasvattamon kannalta 12 kuukauden kasvatusaika mahdollistaa kapasiteetin tehokaimman käytön. Logistiikka olisi myös tällöin helpompi hoitaa, koska uudistuseläinten paluukuormassa voidaan viedä vasikoita kasvattamoon.

Hiehonkasvatuksen ulkoistamisen vaihtoehdossa rahtikasvatus mallinnettiin tilalle, jossa kasvattamon koko oli 90 hiehoa. Hiehot tulivat kasvattamoon lokakuussa kuuden kuukauden ikäisinä ja palasivat emotilalle tiineinä. Jos päiväkasvatushinta on kaksi euroa, niin hiehon ulkoistuksen hinnaksi muodostuu 18 kuukaudelta 1080 euroa. Päiväkasvatushinta vaihtelee 0,74–4,0 euroon.

Jos uudistuseläinten tuotanto on omalla tilalla edullista, kasvattamon käyttö ei tuo erityistä lisähyötyä. Ulkoistamisen kannattavuuden emotilalla ratkaisee se, saadaanko tuotantoa tehostettua eli käytännössä saadaanko emojen määrää lisättyä ulkoistamisen ansiosta.

Kasvattamon perustaminen ja päätoiminen pyörittäminen on käytännössä vaikeaa, koska kannattava toiminta vaatii paljon kasvatettavia hiehoja. Lypsykarjapuolella hiehoikasvattamossa tulisi olla mielellään vähintään 150 hiehoa kasvatuksessa, jotta toiminta olisi kannattavaa. Kasvattamon taloudellista toimintaa vaikeuttaa se, että kasvattamo ei saa tukia. Lisäksi päiväkasvatushinnan tulee olla juuri oikea, että se peittäisi kaikki aiheutuvat kulut. Päätoiminen uudistuseläinten kasvatus on taloudellisesti varsin haastavaa. Toiminta sopisi emotiloille, joilla on ylimääräisiä tyhjiä rakennuksia. Vanhat toimivat rakennukset parantavat kasvattamon kannattavuutta. Kasvatustoiminta voisi tuoda lisäansioita päätuotannon ohelle. Tällöin kasvattamo voisi toimia vähemmällä uudistuseläimillä.

Avainsanat:

emolehmätuotanto, hiehot, rahtikasvatus, kasvattamo, kannattavuus

7.1 Johdanto

Emolehmätuotannossa uudistushiehot kasvatetaan pääsääntöisesti kotitilalla, mutta kiinnostusta on myös tilan ulkopuolella tapahtuvaan kasvatukseen. Ulkoistamisen hyötyinä nähdään työmäärän väheneminen sekä ruokinta- ja laidunnusratkaisujen yksinkertaistuminen. Eläinten ryhmittely on yksinkertaisempaa, eikä hiehoille välttämättä tarvita omaa sonnia. Runsas viidennes emotiloista on kiinnostunut uudistushiehojen kasvatuksen ulkoistamisesta. Kasvatuspäivästä maksettava hinta ratkaisee ulkoistamisen hyödyt emotilalla ja samalla rahtikasvattajan investoinnin kannattavuuden. Kehitystä naudanlihan tuotantoon - hankkeessa selvitettiin hiehon päiväkohtainen tuotantokustannus emotilalla. Päiväkasvatushinnan vaikutusta rahtikasvattamon investointien kannattavuuteen tutkittiin 90-paikkaisen hiehoikasvattamon mallinuksella.

7.2 Aineisto ja menetelmät

Hiehojen kasvatuksen kustannuksia vertailtiin kahdella pohjoissavolaisella emotilalla ja yhdellä talouslaskelmiin nojaavalla tilamallilla. Hiehojen tuotantokustannuksesta rehujen osuus on merkittävä. Rehujen hintoina käytettiin markkinahintoja eikä tilahintoja. Näin laskelmista saatiin vertailukelpoisia. Jos tilan rehuntuotanto on kovin kallista, ei hiehonkasvatuksen kustannuksella ole merkitystä kokonaisuudessa. Tällöin hiehon tuotantokustannuksesta ei saa todellista kuvaa.

Tilamallien lähtökohtana oli, että hiehot kasvatetaan tilalla, ja tätä vertaillaan hiehonkasvatuksen ulkoistamiseen eri päiväkasvatushinnoilla. Ulkoistamisvaihtoehdossa eläimet siirretään kasvattamoon vieroituksen jälkeen 6 kuukauden iässä. Kasvattamoaika on 12 kuukautta tai vaihtoehtoisesti 18 kuukautta.

Tila 1 oli Pohjois-Savossa sijaitseva emotila, jossa on 85 emolehmää ja 16 uudistushiehoa. Uudistuseläimet ostetaan tilalle vasikkana. Tilan tuotantosuunta on pihvivasikantuotanto. Karjan rotu on pääosin hereford. Laidunta on 51 ja säilörehunurmea 52 hehtaaria. Kotieläintöitä kertyy 1400 tuntia vuodessa.

Tila 2 oli myös pihvivasikantuotantoon suuntautunut. Karjaa on 40 emoa ja 7 hiehoa, pääosin herefordia. Säilörehualaa on 29 ja laidunta 31 hehtaaria. Kotieläintöitä on 600 tuntia vuodessa.

Tila 3 eli teoreettinen tilamalli pohjautui erilaisiin lähteisiin maatalouden kustannuksista. Mallitilalla oli 75 emolehmää ja 14 hiehoa. Peltoala oli 85 hehtaaria, josta 45 hehtaaria säilörehua ja loput laidunta. Kone- ja rakennuskustannukset sekä muuttuvat kustannukset olivat keskimääräiset mallitilojen mukaiset kustannukset.

7.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kasvattamossa hiehoja pystytään kasvattamaan tietyn edellytyksin halvemmalla kuin omalla tilalla. Tilalla hiehon kasvatuspäivä maksaa 3,55–4,10 euroa. Ulkoistettaessa kasvatuskustannus vaihtelee 3,38 eurosta 3,44 euroon, kun kasvatuspäivän hinta on 2 euroa ja kasvatusaika 18 kuukautta (Taulukko 1). Kuljetuskustannuksena on käytetty 2,5 euroa kilometriltä.

Emolehmätuottajan kannalta kiinnostavampi vaihtoehto kasvatusajaksi olisi 12 kuukautta. Tämä siksi, että eläimiä karsittaessa tilan tuotantorakennukseen ei jää tyhjiä paikkoja. Hiehoikasvattamon kannalta 12 kuukauden kasvatusaika mahdollistaa kapasiteetin tehokkaimman käytön. Logistiikka olisi myös tällöin helpompi hoitaa, koska uudistuseläinten paluukuormassa voidaan viedä vasikoita kasvattamoon.

Taulukko 1. Päiväkohtainen hiehon tuotantokustannus emotiloilla sekä eri kasvatuspäivähinnoilla lasketut tuotantokustannukset päivää kohti. Taulukossa on merkitty vihreällä, kun tuotantokustannus on edullisempi ulkoistamalla kuin omalla kasvatuksella ja punaisella kun ulkoistamisvaihtoehto on kalliimpi kuin hiehon oma kasvatus.

	Emotila 1, €/pv	Emotila 2, €/pv	Emotila malli, €/pv
Omalla tilalla kasvatus	3,55	3,92	4,10
Kasvatuspäivähinta ulkoistettaessa			
2 €/pv, 18 kk	3,38	3,44	3,43
2,1 €/pv, 18 kk	3,48	3,54	3,52
2,2 €/pv, 18 kk	3,57	3,63	3,62
2,3 €/pv, 18 kk	3,67	3,73	3,71
2,5 €/pv, 18 kk	3,86	3,92	3,90
2,7 €/pv, 18 kk	4,05	4,11	4,09

Hiehonkasvatuksen ulkoistamisen vaihtoehdossa rahtikasvatus mallinnettiin tilalle, jossa kasvattamon koko oli 90 hiehoa. Hiehot tulivat kasvattamoon lokakuussa kuuden kuukauden ikäisinä ja palasivat emotilalle tiineinä. Jos päiväkasvatushinta on kaksi euroa, niin hiehon ulkoistuksen hinnaksi muodostuu 18 kuukaudelta 1080 euroa. Päiväkasvatushinta vaihtelee 0,74–4,0 euroon.

Taulukossa 2 on laskennallisilla päiväkasvatushinnoilla haettu kasvattamon korkeinta hintaa, jolla investointi olisi vielä kannattava. Investointi on laskettu 15 vuoden kuoletusajalla ja 5 prosentin korolla niin, että jäännösarvo on lopussa nolla. Laskelmat on tehty 80 prosentin täyttöasteella, koska 100 prosentin täyttö ei ole todennäköinen. Täyttöasteella on suuri vaikutus kasvattamon kannattavuuteen ja kasvattajan tulisi jatkuvasti pyrkiä lähemmäs 100 prosentin täyttöastetta. Kasvatuspäivän hinnalla 1,81 euroa kasvattamo saisi maksaa enintään 112 000 euroa, jotta investointi olisi kannattava.

Taulukko 2. Laskennalliset päiväkasvatushinnat, joilla 90 hiehopaikan kasvattamoinvestointi olisi vielä kannattava.

Kasvatuspäivän hinta, €/pv	Kasvattamon hinta enintään, €	Eläinpaikan hinta enintään, €
0,74	Ei kata kuluja	Ei kata kuluja
1,81	112 000	1244
2,00	156 000	1733
2,50	272 000	3022
2,88	360 000	4000
3,00	388 000	4311

Kasvattamon eläinpaikan hinnaksi muodostuu 1244–4311 euroa riippuen investoinnin suuruudesta. Hiehoikasvattamo ei ole oikeutettu EU:n nautapalkkioon, jos hiehojen lukumäärä on suurempi kuin enintään 40 prosenttia tilan eläinyksikkömäärästä. Hiehoja kasvattavalla tilalla pitäisi olla emolehmiä, jotta myös rahtikasvatettavista hiehoista saisi tukia.

7.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Emotiloille suunnatussa ulkoistamista koskevassa kyselyssä selvisi, että eniten emotiloja mietityttävät tautiriskit. Eläintautien torjunnassa tehokkain tapa on pitää hiehoikasvattamon asiakastilojen määrä mahdollisimman pienenä. Tämä on haasteellista. Emotilat ovat Suomessa vielä toistaiseksi keskimäärin melko pieniä ja tarvitsevat vuosittain 3–8 uudistuseläintä. Pohdintaa aiheutti myös se, miten eläimet tottuvat käsittelyyn ja sopeutuvat emolehmiätilan omaan kasvatusympäristöön.

Jos uudistuseläinten tuotanto on omalla tilalla edullista, kasvattamon käyttö ei tuo erityistä lisähyötyä. Ulkoistamisen kannattavuuden emotilalla ratkaisee se, saadaanko tuotantoa tehostettua eli käytännössä saadaanko emojen määrää lisättyä ulkoistamisen ansiosta.

Kasvattamon perustaminen ja päätoiminen pyörittäminen on käytännössä vaikeaa, koska kannattava toiminta vaatii paljon kasvatettavia hiehoja. Lypsykarjapuolella hiekokasvattamossa tulisi olla mielellään vähintään 150 hiehoa kasvatuksessa, jotta toiminta olisi kannattavaa.

Kasvattamon taloudellista toimintaa vaikeuttaa se, että kasvattamo ei saa tukia. Lisäksi päiväkasvatushinnan tulee olla juuri oikea, että se peittäisi kaikki aiheutuvat kulut.

Päätoiminen uudistuseläinten kasvatus on taloudellisesti varsin haastavaa. Toiminta sopisi emotiloille, joilla on ylimääräisiä tyhjiä rakennuksia. Vanhat toimivat rakennukset parantavat kasvattamon kannattavuutta. Kasvatustoiminta voisi tuoda lisäansioita päätuotannon ohelle. Tällöin kasvattamo voisi toimia vähemmällä uudistuseläimillä.

8 Ruokinnansuunnittelu- ja tulosennusteohjelma lihanautojen loppukasvatukseen

**Jyri Tuovinen¹, Hannu Viitala¹, Seppo Mönkkönen¹, Janne Räisänen¹, Jarkko Partanen¹,
Risto Kauppinen¹, Arto Huuskonen² ja Maiju Pesonen²**

¹ Savonia-ammattikorkeakoulu, PL 72, 74101 Iisalmi, etunimi.sukunimi@savonia.fi

² MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

MTT ja Savonia-ammattikorkeakoulu tuottivat Kehitystä naudanlihantuotantoon -hankkeessa lihanautojen rehun syöntipotentialin perustuvan ruokinnansuunnittelu- ja tulosennusteohjelman. Ohjelma on kehitetty lihanautatilan strategisen suunnittelun tarpeisiin. Ohjelman perustana oleva syöntimalli ottaa huomioon myös rehujen yhdysvaikutukset, ja ohjelma ennustaa valitulla kasvatusstrategialla saavutettavan kasvun, teuraspainon, lihakuus- ja rasvaluokan sekä teurastilin. Ohjelman sisältämiin biologisiin malleihin on linkitetty tiedot mm. rehukustannuksesta, lihan hinnasta sekä kasvatettavien eläinten kiertonopeuden ja tukipolitiikan vaikutuksista. Hankkeessa asetettujen tavoitteiden mukaisesti suunnitteluohjelma toimii tällä hetkellä loppukasvatettavien sonnien osalta. Myöhemmin on mahdollista laajentaa kokonaisuutta käsittämään myös teurashiehojen kasvatusta.

Se, miten paljon kasvava eläin tietyn painoisena kykenee syömään rehua, ratkaisee sen, miten paljon eläin sille tarjotuilla rehuilla kasvaa. Hankkeessa toteutetun työn pohjaksi haluttiin luotettava arvio kasvavan naudan rehun syöntikyvystä. Meillä nykyisin käytössä olevat ruokinnan suunnittelun välineet eivät ota kantaa eläimen syöntikykyyn, vaan laskelmat perustuvat tiettyyn kasvutason tarvittavaan laskennalliseen energiamäärään. Tässä uudessa mallissa lähtökohdaksi haluttiin ottaa eläimen rehun syöntipotentiali vapaalla seosrehuruokinnalla. Syöntipotentiali määritetään syöntikykyä ennustavan mallin sekä rehuarvojen (analyysitulokset ja taulukkoarvot) perusteella.

Laskentaohjelmassa toteutettava ruokinnan suunnittelu perustuu käytettävissä oleviin kotoisiin rehuihin sekä ostorehuihin. Ohjelman rehuvarastossa oleville rehuille syötetään rehuanalyysitulosten mukaiset arvot tai käytetään virallisten rehuaukoiden rehuarvoja. Ohjelma laskee rehuannoksen koostumuksen ja syöntipotentialin perusteella, paljonko eläin syö rehua kussakin elopainoluokassa. Syöntimäärän ja rehuseoksen energiapitoisuuden perusteella muodostuu energian saanti (MJ/pv), joka puolestaan määrittää sen kasvutason, joka kyseisellä ruokinnalla voidaan saavuttaa. Energian saantia vastaava kasvutaso laskeaan rehuaukoiden ja ruokintasuositusten perusteella.

Kasvutuloksen perusteella lasketaan, missä ajassa eläin saavuttaa tietyn teuraspainon, ja paljonko kyseiseen tulokseen pääsemiseen tarvitaan rehua. Tietojen pohjalta voidaan valita haluttu kasvatusaika tai teuraspaino sekä saadaan tietoon tarvittava rehuosion määrä. Laskurissa olevat rehujen hinnat ovat päivitettäviä tietoja, jotka kertovat rehukustannuksen kasvatuskauden aikana.

Ohjelma tuo uusia keinoja lihanautojen loppukasvatuksen ruokinnan suunnitteluun ja tuloksen hallintaan. Se antaa hyvät mahdollisuudet tuloksen suunnitteluun ennakkolta. On hyvin tärkeää, että tuottaja voi rehun ja lihan hintojen vaihdellessa testata etukäteen ruokinnan ja kasvunopeuden vaikutuksia taloudelliseen tulokseen ruokintajaksoittain ja vuositasolla. Ohjelmaa testataan parasta aikaa erilaisissa suunnittelutilanteissa todellisilla tila-aineistoilla. Ohjelma on saatavilla Maatila2020-sivustolla osoitteessa maatila2020.savonia.fi ja MTT Ruukin hankesivustolla osoitteessa www.mtt.fi/ruukki.

Avainsanat:

naudanlihantuotanto, loppukasvatusta, sonnit, syöntimalli, rehut, ruokinta, tulosennuste

8.1 Johdanto

Mahdollisimman oikein valitut rehut ja onnistunut kasvatusstrategia sanelevat lihanautojen loppukasvatuksen kannattavuuden ja lihanautatilan taloudellisen tuloksen. Rehujen hinnat, ja etenkin viljapohjaisten väkirehujen hinnat, vaihtelevat voimakkaasti lyhyelläkin aikavälillä. Lihanaudan kasvattaja joutuu ratkaisemaan, onko vallitsevassa markkinatilanteessa järkevämpää tinkiä hieman eläinten kasvuista, ostaa säilörehua ja pidentää kiertoaikaa vai ostaa väkirehua, pyrkiä korkeisiin kasvuihin ja lyhyeen kiertoaikaan.

Ruokinnan suunnittelun lähtökohtana pitää olla luotettava arvio eläimen rehunsyöntikyvystä. Nykyisin käytössä olevat ruokinnan suunnittelun välineet, esimerkiksi rehutaulukot ja ruokintasuositukset (MTT 2014), eivät ota kantaa eläimen syöntikykyyn, vaan laskelmat perustetaan tiettyyn kasvutasoon tarvittavaan energiamäärään, jonka mukaan ruokinta suunnitellaan.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT) ja Savonia-ammattikorkeakoulu ovat tuottaneet Kehitystä naudanlihantuotantoon -hankkeessa lihanautojen rehun syöntipotentialin perustuvan ruokinnan suunnittelu- ja tulosehdoteohjelman. Ohjelma on kehitetty lihanautatilan strategisen suunnittelun tarpeisiin. Ohjelman perustana oleva syöntimalli ottaa huomioon myös rehujen yhdysvaikutukset, ja ohjelma ennustaa valitulla kasvatusstrategialla saavutettavan kasvun, teuraspainon, lihakkuus- ja rasvaluokan sekä teurastilin. Ohjelman sisältämiin biologisiin malleihin on linkitetty tiedot mm. rehukustannuksesta, lihan hinnasta sekä kasvatettavien eläinten kiertonopeuden ja tukipolitiikan vaikutuksista. Hankkeessa asetettujen tavoitteiden mukaisesti suunnitteluohjelma toimii tällä hetkellä loppukasvatettavien sonnien osalta. Myöhemmin on mahdollista laajentaa kokonaisuutta käsittämään myös teurashiehojen kasvatus.

8.2 Rehun syöntikyky ja syöntimalli

Se, miten paljon kasvava eläin tietyn painoisena kykenee syömään rehua, ratkaisee sen, miten paljon eläin sille tarjotuilla rehuilla kasvaa. Hankkeessa toteutetun työn pohjaksi haluttiin luotettava arvio kasvavan naudan rehun syöntikyvystä. Meillä nykyisin käytössä olevat ruokinnan suunnittelun välineet eivät ota kantaa eläimen syöntikykyyn, vaan laskelmat perustuvat tiettyyn kasvutasoon tarvittavaan laskennalliseen energiamäärään (rehutaulukot ja ruokintasuositukset, MTT 2014). Tässä uudessa mallissa lähtökohdaksi haluttiin ottaa eläimen rehun syöntipotentiali vapaalla seosrehuruokinnalla. Syöntipotentiali määritetään syöntikykyä ennustavan mallin sekä rehuarvojen (analyysitulokset ja taulukkoarvot) perusteella.

Syöntimalli kehitettiin laajan ruokintakoeaineiston pohjalta MTT:n hallinnoimassa InnoTietoa! -hankkeessa yhteistyössä Ruotsin maatalousyliopiston kanssa. Tässä työssä kerättiin edustava määrä kotimaisia ja ulkomaalaisia lihanautojen ruokintakokeiden tuloksia (687 erilaista ruokintaa, 311 erilaista karkearehua ja 342 erilaista väkirehua). Edellä mainittu aineisto summaa kokeen aloituksen ja lopetuksen välisenä aikana syntyneen rehunkulutuksen ja eläinten kasvun. Hankkeessa kerättiin edellisen lisäksi kotimaisista kokeista muodostuva jaksoittainen aineisto, jossa eläinten kasvu ja rehunkulutus oli dokumentoitu koko kokeen kestoajan pääsääntöisesti neljän viikon jaksoin (17 koetta, 257 eri karkearehua ja 58 eri väkirehua). Aineistojen yksityiskohtainen kuvaus on esitelty Huuskosen ym. (2013a) julkaisussa. Kotimaisen jaksottaisen data-aineiston pohjalta mallinnettiin kasvavan naudan rehun syöntiin vaikuttavia tekijöitä, ja mallit validoitiin laajemman data-aineiston avulla (Huuskonen ym. 2013a).

Data-aineistojen perusteella merkittävimmät kasvavan naudan rehun syöntipotentialiin vaikuttavat tekijät ovat eläimen elopaino, dieetin NDF-pitoisuus, karkearehun syönti-indeksi ja haihtuvien rasvahappojen määrä säilörehussa. Lopullisessa muodossaan laskuriin valittu syöntikaava on seuraava:

$$\text{Kuiva-aineen syönti (kg/d)} = [0.199 - 0.380 \times (0,001 \times (\text{NDF} - 400))] + 0.000348 \times (\text{SI} - 100) - 0.00044 \times \text{VFA}] \times \text{LW}^{[0.624 + 0.348 \times (0,001 \times (\text{NDF} - 400))]}$$

Kaavassa: LW = eläimen elopaino (kg), NDF = dieetin NDF-pitoisuus (g/kg ka), SI = säilörehun syönti-indeksi ja VFA = dieetin haihtuvien rasvahappojen pitoisuus (g/kg ka).

Elopaino on tärkein yksittäinen syöntimäärään vaikuttava tekijä, ja sen vaikutus syöntiin on luonnollisesti positiivinen. Painon ja koon kasvaessa syöntikyky lisääntyy. Dieetin NDF-pitoisuus ennustaa syöntimäärää sekä täyttyvyyden että energoettisen syönnin säätelyn kautta. Toisin sanoen nauta pystyy kompensoimaan ruokinnan heikompaa energiasisältöä syöntiä lisäämällä, kunnes pötsin täyteisyys muodostuu rajoit-

tavaksi tekijäksi (Forbes 2007). Ruokintakoeaineiston perusteella maksimaalinen syönnin taso saavutetaan eläimen elopainosta riippuen dieetin NDF-pitoisuudella 340–420 g/kg ka (Huuskonen ym. 2013a).

Syönti-indeksi kuvaa säilörehun suhteellista syöntipotentialia. Tyypillisesti indeksipistearvo on välillä 90–110. Syönti-indeksiin vaikuttavat esimerkiksi säilörehun kuiva-ainepitoisuus, D-arvo, kokonaishappojen ja kuidun pitoisuudet, korjuukerta (ensimmäinen sato tai jälkikasvu) sekä palkokasvien ja kokoviljasäilörehun osuudet. Vapaalla seosrehuruokinnalla yhden syönti-indeksipisteen vaikutus rehun kokonaisyöntiin on noin 15–20 grammaa kuiva-ainetta päivässä. Toisin sanoen, jos syönti-indeksi nousee arvosta 90 arvoon 100, sonnin päivittäinen rehun syönti lisääntyy noin 150–200 kuiva-ainegrammaa päivässä. Haihtuvien rasvahappojen pitoisuuden lisääntyessä rehun syöntimäärä puolestaan laskee.

8.3 Syöntipotentiali perusteena ruokinnan suunnittelussa

Laskentaohjelmassa toteutettava ruokinnan suunnittelu perustuu käytettävissä oleviin kotoisiin rehuihin sekä ostorehuihin. Ohjelman rehuvarastossa oleville rehuille syötetään rehuanalyysitulosten mukaiset arvot tai käytetään virallisten rehutaulukoiden (MTT 2014) rehuarvoja. Ohjelma laskee rehuannoksen koostumuksen ja syöntipotentialin perusteella, paljonko eläin syö rehua kussakin elopainoluokassa. Syöntimäärän ja rehuseoksen energiapitoisuuden perusteella muodostuu energian saanti (MJ/pv), joka puolestaan määrittää sen kasvutason, joka kyseisellä ruokinnalla voidaan saavuttaa. Energian saantia vastaava kasvutaso lasketaan rehutaulukoiden ja ruokintasuositusten (MTT 2014) perusteella. Ruokinnan suunnittelussa on energian lisäksi mahdollisuus tarkastella myös muiden ravintoaineiden sekä kivennäisten ja vitamiinien saantia suhteessa tavoitearvoihin.

Kasvutuloksen perusteella lasketaan, missä ajassa eläin saavuttaa tietyn teuraspainon, ja paljonko kyseiseen tulokseen pääsemiseen tarvitaan rehua. Tietojen pohjalta voidaan valita haluttu kasvatusaika tai teuraspaino sekä saadaan tietoon tarvittava rehukomponenttien määrä. Laskurissa olevat rehujen hinnat ovat päivitettäviä tietoja, jotka kertovat rehukustannuksen kasvatuskauden aikana.

8.4 Teurastilin laskenta

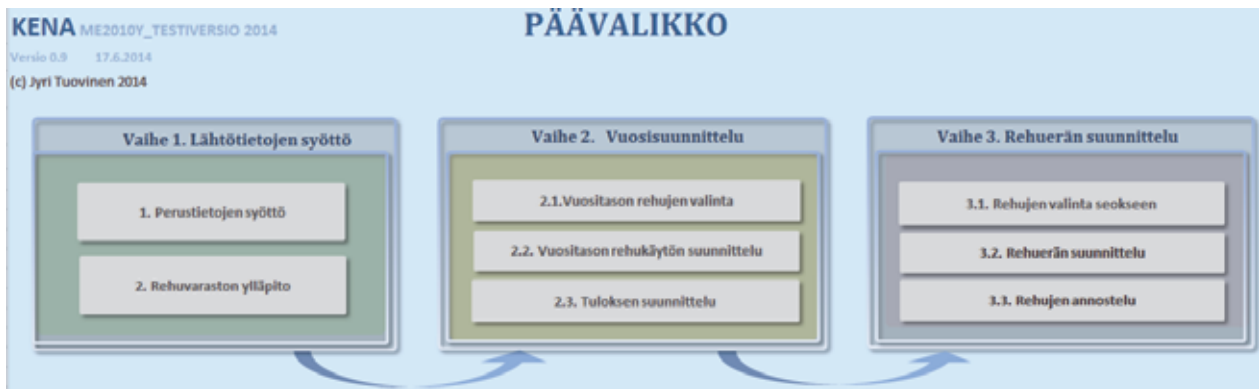
Eläimestä saatava teurastili muodostuu teuraspainon lisäksi mm. ruhon lihakkuus- ja rasvaisuusluokasta. Laskuri ennustaa valitulla kasvatusstrategialla saavutettavan lihakkuus- ja rasvaisuusluokan eläimen teuraspainon ja kasvunopeuden perusteella. Ennusteet perustuvat valtakunnallisen teurasaineiston perusteella laadittuihin rotukohtaisiin malleihin (Huuskonen ym. 2012, Huuskonen ym. 2013b, Huuskonen ym. 2014). Lihakkuus- ja rasvaluokkaennusteen takana ovat noin 250 000 teurastetun maitorotuisen ja 22 000 liharotuisen sonnin tiedot. Teurastilin laskemiseksi laskuriin on täydennettävä hinnoittelutiedot, jotka sisältävät teuraspainon ja lihakkuuden perusteella maksettavan hinnan, rasvaisuusvähennykset sekä mahdolliset muut hinnoitteluperusteet.

8.5 Ohjelman toiminnallinen rakenne

Ohjelma on kehitetty lihanautatilan strategisen suunnittelun tarpeisiin. Ohjelmalla voidaan varioida kasvatukseen tulevien sonnien kasvatusaikaa, käytettäviä rehuja ja rehujen hintoja ja simuloida tilan taloudellista tulosta etukäteen kasvatuserätasolla ja vuositasolla.

Strategisen suunnittelun lisäksi sillä voidaan tehdä operatiivista suunnittelua, mikä käytännössä tarkoittaa valitun strategian mukaista ruokinnan suunnittelua. Rehujen hintojen muutosten vaikutukset käytettävien seosten hintoihin, rehuseptit ja apevaunun täyttö logistisesti tehokkaimmalla tavalla ovat operatiivisen suunnittelun vaatimuksia ja lihanautatilan arkipäivää.

Ohjelma rakentuu kolmesta toiminnallisesta kokonaisuudesta (Kuva1): lähtötietojen tallennus, vuosisuunnittelu ja rehuerän suunnittelu.



Kuva 1. Ohjelma rakentuu kolmesta toiminnallisesta kokonaisuudesta.

8.5.1 Lähtötiedot

Suunnitelman toteuttamisen kannalta tärkeitä ovat tilan ja karjan tiedot. Tilan tietoja ovat mm. tuotantorakennukset, koneet ja laitteet, työn käyttö ja eläintuet. Karjasta ohjelmaan syötetään rotu, joita ohjelmassa on mahdollista valita kaikkiaan kahdeksan, kasvatuserän alkupaino ja tavoitteena oleva loppupaino, eläinten ikä ostedtaessa ja ostohinta tilalle toimitettuna (Kuva 2).

Karjan rodun perusteella tulostuu teurasprosentti ja rasvoittumisraja, joka kertoo missä elopainossa/teuraspainossa rasvoittumisriski kasvaa käytettäessä voimakasta ruokintaa. Eläimestä saatava tulo muodostuu teuraspainon lisäksi ruhon lihakuusluokasta ja rasvaisuusluokasta. Ne ovat ohjelmassa taustatietona ja huomioidaan ohjelman laskemassa teurastilissä.

Eläimen ikä vaikuttaa eläintukiin. Lisäksi tarvitaan kasvatuserien vaihtoväli eli aika, joka kuluu ennen kuin myydyin erän tilalle tulee uusi erä. Tilakohtaisiin tietoihin kuuluvat myös kuolleisuus, ennenaikaiset poistot ja teuraista saatava hinta. Kuolleisuus vaikuttaa rehutarpeeseen vuositasolla ja ennenaikaiset poistot taas siihen, kuinka paljon myyntitulot pienevät verrattuna siihen, että koko karja voidaan kasvattaa täysi-ikäiseksi.

Karjan tiedot		Kasvatustiedot		Kasvatusryhmät		
Karjarjan rotu						
Rotu: <input type="text" value="1#"/>	<input type="text" value="Keskikok. liharodut"/>	Teuras-%:	<input type="text" value="54,5"/>			
Rasvoittumisraja(teuraspaino/elop. kg): <input type="text" value="350"/> / <input type="text" value="642"/>		Alkupaino	<input type="text" value="203"/> kg	Ryhmä 1	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="300"/>
Kuolleisuus:	<input type="text" value="5"/> % vuoden aikana	Loppupaino	<input type="text" value="415"/> kg	Ryhmä 2	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="400"/>
Ennenaikaiset poistot:	<input type="text" value="0"/> % myynnin vähenemänä	Vaihdon kesto	<input type="text" value="9"/> pv	Ryhmä 3	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>
Kasvukorjauskerroin:	<input type="text" value="100"/> normaalikasvuun nähden	Osto-ikä	<input type="text" value="188"/> pv	Yhteensä: <input type="text" value="400"/>		
		Ostohinta/eläin	<input type="text" value="360"/> €	Korkoprosentit		
				Liikepääoma:	<input type="text" value="5"/> %	Eläinpääoma: <input type="text" value="6"/> %

Kuva 2. Karjasta ja kasvatusryhmästä syötetään eläinmäärä, rotu, lähtöikä ja lähtöpaino sekä ryhmien vaihtovälillä kuluva aika.

8.5.2 Vuosisuunnittelu

Vuosisuunnittelussa tavoitteena on selvittää, millainen ruokinta tuo parhaan taloudellisen tuloksen. Tähän ovat keskeisesti vaikuttamassa rehujen tuotantovaikutus ja rehukustannukset. Vahvempi rehu saattaa olla kalliimpaa, mutta se nopeuttaa kasvua, vähentää kasvatuspäivien määrää ja lisää läpivirtausta. Kiinnostavaa on se, paljonko rehusta kannattaa maksaa, kun odotettavissa oleva hinta teuraista tiedetään. Ohjelma laskee kustannuksia päiväkustannuksina, toisin sanoen myös kiinteät ja muuttuvat kustannukset on laskettu kasvatuspäivää kohti.

Kun ruokinnassa käytettävät rehut on valittu, siirrytään vuositason rehunkäytönsuunnitteluun. Ohjelma kertoo rehun tarpeen kuiva-aine kiloina ja tuorekiloina sekä varastojen tilanteen. Ohjelma ilmoittaa ravinnontarve- ja syöntikykyvaatimukset täyttävän appeen kuitupitoisuuden (NDF, g/kg ka), raakavalkuaisen (RV, g/kg ka), pötsin valkuaistaseen (PVT, g/kg ka), tärkkelyksen ja sokerin yhteenlasketun määrän (Tärk+sok, g/kg ka) sekä muuntokelpoisen energian määrän (MJ/kg ka).

Ohjelma kertoo ruokinnassa käytetyn rehuseoksen kustannukset snt/kasvatuspäivä, snt/elopaino kg ja snt/vuosi. Tulosisio ilmoittaa, mikä on keskimääräinen päiväkasvu, ja kuinka monta kasvatuspäivää eläin on tilalla keskimäärin ja kuinka monta elopainokiloa tila tuottaa vuodessa.

Viimeisenä vaiheena vuosisuunnittelussa on tuloksen suunnittelu (Kuva 3). Ohjelma laskee tuotantokustannukset yhtä eläintä ja koko karjaa kohden vuositasolla. Laskelmassa ovat mukana myyntitulo ja tuet, kuolleisuus ja ennenaikaiset poistumat, rehujen käyttö ja rehukustannukset, kiinteät ja muuttuvat kustannukset ja tehty työ. Tuloksen suunnittelun tärkeimpiä tunnuslukuja ovat tulos euroa (tuotot – kustannukset) vuositasolla, sijoitetun pääoman tuotto ja tulosprosenttia tuotoista vuositasolla.

Tuotantokustannuslaskelma koko kasvatusajalta		
	€/eläin	€/karja
Myyntitulo	1 134	112 269
Eläintuet	437	43 653
Tuotot yhteensä	1 571	155 922
Rehukustannukset	391	39 098
Kuivikekustannus	0	0
Eläinostot	561	56 100
Muut muuttuvat kustannukset	32	3 214
Muuttuvat kustannukset yht.	1 048	104 847
Kate I	522	51 075
Oma työ	227	22 691
Vieras työ	0	0
Työkustannukset yhteensä	227	22 691
Kate II	295	28 384
Konekustannukset	129	12 939
Rakennukset	129	12 939
Yleiskustannukset	0	0
Kiinteät kustannukset yht.	259	25 878
Tulos	36	2 506

Kasvatuksen säätö	
Ostoikä:	146 pv Kasvatusaika: <input type="text"/>
Rehukust. snt/teuraskasvatuskilo:	126

Sitoutunut pääoma	
Koneet	100 000
Rakennukset	100 000
Eläinpääoma	46 283
Liikepääoma	45 533
Rehuväras	14 003
Kassa ja myyntisaamiset	8 296
Yhteensä	314 114

Tunnuslukuja	
Tulos vuositasolla euroa	2 200
Tuotto sijoitetulle pääomalle	0,7 %
Tulos-% tuotoista	1,6 %
Tulos eläinpaikkaa kohti/v	22,47

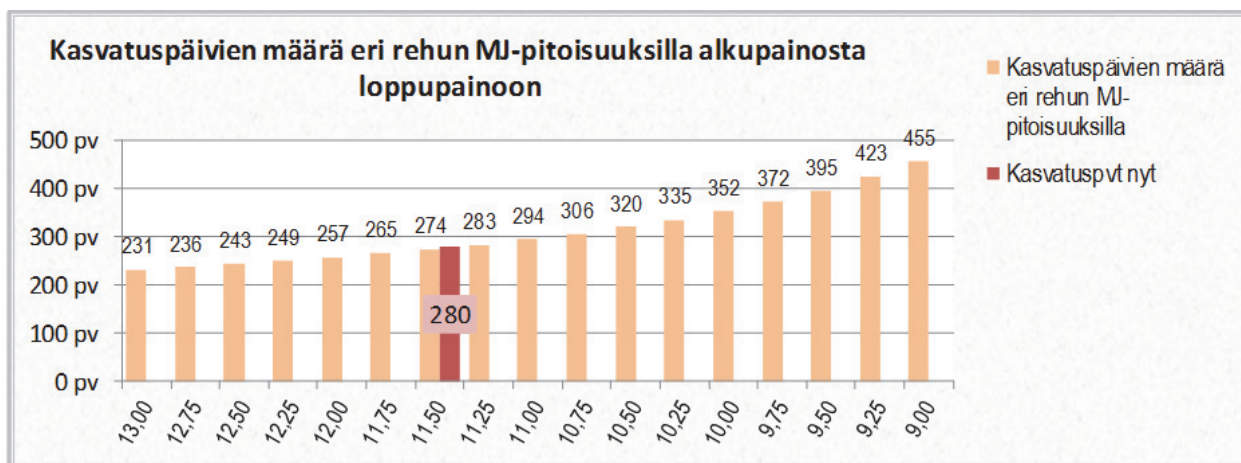
Kuva 3. Tuloslaskelma ja tunnusluvut. Mallilaskelmassa tulos eläintä kohti on 36 euroa/kasvatusaika 406 päivän kasvatusajalla, mutta eläinpaikkaa kohti reilut 22 euroa/vuosi. Tässä tapauksessa tulosta voisi parantaa kasvatusta tehostamalla ja kasvatusaikaa lyhentämällä.

8.5.3 Rehuerän suunnittelu

Ruokintajaksojen rehuerät suunnitellaan peilaamalla ruokintaa ohjelman ennustamaan kyseisen jakson tulokseen. Rehuerän suunnittelussa haetaan tilalla kasvatettavien sonnien ruokintaan kustannustehokasta rehuseosta. Ohjelma tuottaa esimerkiksi kuvan 4 mukaisia graafisia kuvauksia tuloksen suunnittelun tueksi.

Yksittäisten rehujen annostelua koskeva resepti pitää olla mahdollisimman helppo toteuttaa apetta valmistettaessa. Rehuerää suunniteltaessa määritellään eläinten määrä ja reseptin voimassaoloaika päivissä. Rehuseokseen voidaan valita enintään kymmenen rehua. Käytännössä kuitenkin hyvin harvoin tällaista määrää eri rehuja sisällytetään samaan seokseen. Samalle karjalle voidaan tehdä kaksi eri seosta, jos ryhmien väliset ikäerot ovat suuret. Kun apevaunun kapasiteetti tiedetään, niin ohjelma kertoo kuinka monta apevaunullista seosta pitää valmistaa jakson aikana.

Ohjelma kertoo jaksolle suunnitellun rehuerän kokonaiskustannuksen, kilohinnan ja ruokintakustannuksen eläintä ja päivää kohti (Kuva 5). Lisäksi ohjelma kertoo seoksella aikaan saadun päiväkasvun eläintä kohti ja eläimen elopainon lisäyksen valitun ruokintajakson aikana.



Kuva 4. Rehun energiaväkevyyden (MJ) vaikutus kasvuspäivien määrään.

Rehuerän koon mitoitusperusteet				Rehuseoksen tavoitearvot ja toteumat				Tulokset								
Rehuerän riitto:	30	PV		Eläimiä nyt tilalla:	400	NDF	273,48	Kg tp yht.:	160 167	Rehukustannukset	127	snt/pv	Kasvu	1 345	g/pv	
Eläin rotu:	HIF	Keskikok. liharodut		Tavoite:	Arvo nyt:	RV	140,84	Kg ka yht.:	84 669		173	snt/kg		30	riitto	
Alkupaino	287	kg	Määrä	400	kpl	SRIND	90	T&Sok	303,66	Yht.%:	100		15 245	€/era	40	kg/eläin

Rehuseokseen käytettävät rehut tuorekiloissa						Seoksen rehuosuudet		Rehuseos tuorepainokiloissa				Rehuarvoja		
k/o	Nimitys	Ka	snt/kg	snt/MJ	MJ/ka kg	Varasto kg	säädin	% ka kg	% kg tp	seos kg tp	jää kg tp	snt/MJ	Kivenn.	Hiverna.
k	AH Testirehu, Nurmisaillörehu 2. sato	40	5,0	1,2	10,4	600000		0			600000		Ca	Fe
k	AH Testirehu, Nurmisaillörehu, tuore 1. sato	39	5,0	1,11	11,5	600000		44	59,6	95524	504476	0,47	P	Mn
k	Puna-apilasillörehu (25%), 1.sato, myöh.	25	12,0	5	9,6	25000		4	8,5	13547	11453	0,16	Mg	Zn
k	Ohra, yli 62 kg/hi	86	16,0	1,41	13,2	400000		49	30,1	48242	351758	0,76	Na	Cu
o	Kinnusen Mylly, Tähtikasvu Täyskivennäinen	89	40,0	8,99	5			3	1,8	2854	-2854	0,11	Vitam.	Co
													A-vit	Se
													D-vit	Mo
													E-vit	I
													Väkirehu-%	
													50,5	

Kuva 5. Rehuerän suunnittelussa valitaan rehut ja aika, jolle suunnitelma tehdään sekä tiedot eläimistä. Ohjelma kertoo seoksen tavoitearvot ja saavutettavat tulokset.

8.5.4 Rehujen annostelu

Jos apevaunua halutaan täyttää jonkin yksittäisen rehun perusteella, niin se voidaan asettaa määrittäväksi tekijäksi, ja ohjelma optimoi täytön sen mukaan. Jos vaunua halutaan täyttää niin, että seos tehdään säilörehupaalien tasaluvun mukaan, niin ohjelma mahdollistaa sen.

Jokaisen ruokintajakson jälkeen on syytä verrata siihen asti toteutunutta ruokintakustannusta ja teuraspainon kasvua vuositason rehukustannukseen ja teuraspainokiloihin. Ohjelma kertoo erotuksen prosentteina, euroina ja kiloina.

8.6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Ohjelma tuo uusia keinoja lihanautojen loppukasvatuksen ruokinnan suunnitteluun ja tuloksen hallintaan. Se antaa hyvät mahdollisuudet tuloksen suunnitteluun ennakolta. On hyvin tärkeää, että tuottaja voi rehun ja lihan hintojen vaihdellessa testata etukäteen ruokinnan ja kasvunopeuden vaikutuksia taloudelliseen tulokseen ruokintajaksittain ja vuositasolla. Ohjelmaa testataan parasta aikaa erilaisissa suunnittelutilanteissa todellisilla tila-aineistoilla.

Ohjelma on saatavilla Maatila2020-sivustolla osoitteessa maatila2020.savonia.fi ja MTT Ruukin hankesivustolla osoitteessa www.mtt.fi/ruukki.

8.7 Kirjallisuus

- Forbes, J.M. 2007. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals, 2nd edition CAB International, Wallingford, UK.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2013a. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. *Livestock Science* 158: 74–83.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Hyrkäs M. 2012. Puhtaiden liharotuisten nautojen kasvu- ja teurasominaisuudet suomalaisessa teurasaineistossa. Teoksessa: Pihvirotuisten nautojen teurasominaisuudet ja lihan laatu. Arto Huuskonen (toim.). MTT Raportti 46: 50–58.
- Huuskonen, A., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2013b. A comparison of purebred Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x beef breed bulls for beef production and carcass traits. *Agricultural and Food Science* 22: 262–271.
- Huuskonen, A., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2014. Production and carcass traits of purebred Nordic Red and Nordic Red x beef breed crossbred bulls. *Journal of Agricultural Science* 152: 504–517.
- MTT 2014. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. MTT, Jokioinen. [Viitattu 4.8.2014]. Saatavilla internetistä: <<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>>

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

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

MTT, 31600 Jokioinen.

