

Säilörehun sulavuuden sekä väkirehu- ja valkuaistäydennyksen vaikutukset  
maidontuotannossa

Elina Juutinen  
Maisterin tutkielma  
Helsingin yliopisto  
Maataloustieteiden laitos  
Kotieläinten ravitsemustiede  
Toukokuu 2011

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Elina Juutinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Säilörehun sulavuuden sekä väkirehu- ja valkuaisäydennyksen vaikutukset maidontuotannossa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Toukokuu 2011	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 53
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tilakohtaiset tekijät voivat vaikuttaa niin, että säilörehu korjataan nykyisiä korjuuaikasuosituksia myöhemmin. Tämän maisterintutkielman tavoitteena oli tutkia, paljonko väkirehua tarvitaan kompensimaan säilörehun erittäin heikkoa sulavuutta. Lisäksi selvitettiin voiko säilörehun huonoa sulavuutta kompensoida väkirehun raakavalkuaispitoisuutta lisäämällä, eli onko väkirehun valkuaispitoisuudella ja säilörehun D-arvolla (sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa) yhdysvaikutusta. Yhtenä näkökulmana oli myös pohtia säilörehun sadonmuodostusta.</p> <p>Kokeessa oli 36 lehmää ja 6 ensikkoo. Väkirehuna oli teollista täysrehua 9 kg ja 12 kg päivässä. Väkirehujen raakavalkuaispitoisuudet olivat 142 (RV14), 183 (RV18) ja 210 (RV21) g/kg ka. Säilörehuina olivat ensimmäisen sadon nurmisäilörehut, joiden D-arvot olivat 692 (D69) ja 654 (D65) g/kg ka. D-arvo heikkeni korjuuaikojen välillä nyt tehdyssä kokeessa 2,6 g/kg ka päivässä. Säilörehun kuiva-ainesato ei juuri lisääntynyt korjuuaikaa myöhästyettäessä. Säilörehun D-arvon pienentyessä 10 g/kg ka säilörehun syönti väheni 0,42 kg ka. Väkirehun määrän lisääminen vähensi säilörehun syöntiä säilörehun sulavuudesta riippumatta 0,49 kg/kg väkirehun kuiva-ainetta. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden lisääntyminen lisäsi säilörehun syöntiä 0,12 kg ka per 10 g/kg ka väkirehun raakavalkuaispitoisuudessa.</p> <p>Energiakorjattu maitotuotos (ekm) pieneni 0,59 kg säilörehun D-arvon pienentyessä 10 g/kg ka. Säilörehun sulavuuden heikentyessä maidon rasva- ja valkuaispitoisuudet eivät muuttuneet, mutta valkuais-, rasva- ja laktoosituotokset pienenevät. Energiakorjattu maitotuotos lisääntyi 0,76 kg per lisätty väkirehun kuiva-ainekilo. D65-säilörehun huonompi sulavuus D69-säilörehuun verrattuna kompensoitiin lisäämällä 3,7 kg ka väkirehua. D-arvo ei vaikuttanut väkirehun maitotuotosvasteeseen. Väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntyessä 10 g/kg ka ekm-tuotos lisääntyi 0,26 kg, mutta säilörehun sulavuus ei vaikuttanut vasteeseen. Typen hyväksikäyttö parani väkirehun valkuaispitoisuutta ja väkirehun määrää vähennettäessä ja säilörehun sulavuuden heikentyessä. Muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö sitä vastoin tehostui, kun väkirehun määrä väheni ja säilörehun sulavuus heikkeni.</p> <p>Tutkimuksen mukaan väkirehun määrän lisääminen kompensoi D-arvon pienenemistä, kun säilörehun sulavuus pieneni D69:sta D65:een karjan ekm:n vuosituotoksen ollessa noin 9000 kg. Säilörehun D-arvon pienenemistä ei tässä tapauksessa voitu korvata väkirehun valkuaispitoisuutta lisäämällä. Tämän kokeen erittäin myöhään korjatun ensimmäisen niiton sulavuus jäi huomattavan korkeaksi verrattuna nurmen kasvua ennustavaan malliin eikä sato kehittynyt lineaarisesti.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords D-arvo, lypsykarja, ruokinta, rehut, säilörehu, valkuainen, väkirehu			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos, Kotieläintieteen kirjasto			
Muuta tietoa — Övriga uppgifter — Further information Tutkimus tehtiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Maaningalla. Tutkijat MMM Auvo Sairanen ja MMM Maike Johannes Työnohjaajat: Yliopistonlehtori Seija Jaakkola ja MMM Auvo Sairanen			

## Sisällys

1. Johdanto .....	5
2. Aineisto ja menetelmät .....	9
2.1 Koejärjestelyt ja koe-eläimet .....	9
2.2 Rehut, ruokinta, säätiedot .....	10
2.3 Lypsy ja maitonäytteet .....	11
2.4 Rehunäytteiden keruu ja analysointi .....	12
2.5 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi .....	13
3. Tulokset.....	16
3.1 Sääolosuhteet, nurmisato, säilö- ja väkirehujen kemiallinen koostumus, rehuarvot sekä säilörehujen säilönnällinen laatu.....	16
3.2 Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti .....	20
3.3 Tuotantotulokset .....	23
3.4 Ravintoaineiden hyväksikäyttö.....	27
4. Tulosten tarkastelu .....	30
4.1 Säilörehun rehuarvojen ja sadon määrän kehitys.....	30
4.1.1 Säilörehun laatu .....	30
4.1.2 Säilörehusato.....	31
4.2 Rehujen säilönnällinen laatu .....	33
4.3 Syönti .....	33
4.3.1 Säilörehun sulavuuden vaikutus syötiin ja ravintoaineiden saantiin .....	33
4.3.2 Väkirehun määrän vaikutus syötiin ja ravintoaineiden saantiin .....	36
4.3.3 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus syötiin.....	37
4.4. Maitotuotos .....	39
4.4.1 Säilörehun sulavuuden vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin .	39
4.4.2 Väkirehun määrän vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin .....	40
4.4.3 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin.....	42
4.5 Ravintoaineiden hyväksikäyttö maidontuotantoon.....	43
4.5.1 OIV:n ja typen hyväksikäyttö .....	43
4.5.2 Muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö .....	44
5. Yhteenveto ja johtopäätökset .....	45
Kirjallisuus.....	47

## Lyhenteet

D-arvo = säilörehun orgaanisen aineen sulavuus kuiva-aineessa g/kg ka

iNDF= sulamaton NDF

KVR= 12 kg väkirehua/pv

ME= muuntokelpoinen energia MJ/kg ka

MVR= 9 kg väkirehua/pv

NDF= neutraalidetergenttikuitu g/kg ka

OIV= ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

pdNDF= potentiaalisesti sulava NDF

PVT= pötsin valkuaisaste

rv= raakavaluainen g/kg ka

RV<sub>L</sub>= väkirehun raakavaluaispitoisuuden lineaarinen vaikutus

RV<sub>Q</sub>= väkirehun raakavaluaispitoisuuden quatraattinen vaikutus

SR= säilörehu

SEM= keskiarvon keskivirhe

VR= väkirehu

## Taulukot ja kuvat

Taulukko 1. Nurmen korjuu- ja satotiedot sekä sääolosuhteet.....	17
Taulukko 2. Säilörehun keskimääräinen kemiallinen koostumus, säilönnällinen laatu ja rehuarvot.....	19
Taulukko 3. Väkirehun komponentit, koostumus ja rehuarvot.....	20
Taulukko 4. Säilörehun sulavuuden, väkirehumäärän ja väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus syöntiin ja ravintoaineiden saantiin.....	22
Taulukko 5. Säilörehun sulavuuden, väkirehumäärän ja väkirehun raakavaluaispitoisuuden vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin.....	25
Taulukko 6. Säilörehun sulavuuden, väkirehumäärän ja väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus hyväksikäyttöön.....	29
Kuvio 1. MTT Maaningan, Ruukin ja Jokioisten vuosina 1997 - 2010 tehtyjen ruutuko- keiden keskisatoja (kg ka/ha) D-arvon muuttuessa.....	17
Kuvio 2. MTT Maaningan, Ruukin ja Jokioisten vuosina 1997 - 2010 tehtyjen ruutuko- keiden keskisatoja (ME MJ/ha) D-arvon muuttuessa.....	18
Kuvio 3. Säilörehun sulavuuden ja väkirehun raakavaluaispitoisuuden vaikutus rehus- ta saatavan ME:n saantiin.....	23
Kuvio 4. Korjatun (MTT 2010) muuntokelpoisen energian saannin vaikutus energiakor- jattuun maitotuotokseen.....	24
Kuvio 5. Säilörehun sulavuuden ja väkirehun määrän yhdysvaikutus maidon laktoosipi- toisuuteen.....	26
Kuvio 6. Säilörehun sulavuuden ja väkirehun raakavaluaispitoisuuden yhdysvaikutus rehusta saatavan typen hyväksikäyttöön maidontuotannossa.....	28

## 1. Johdanto

Maidon ja väkirehun hintasuhteiden sekä säilörehun satotason muutosten seurauksena ruokinnan taloudellinen optimikoostumus voi muuttua nopeasti. Rehujen osuus maidon tuotantokustannuksista on noin kolmannes. Lypsylehmien rehuannoksen energiasta vuonna 2010 säilörehun osuus oli 47,5 % (Huhtamäki 2011). Säilörehun satotaso ja kiinteät kustannukset vaikuttavat eniten nurmirehujen tuotantokustannuksiin. Satotasaan voidaan vaikuttaa myös nurmirehujen tuotantopanoksilla, kuten lannoituksella ja rikkakasvitorjunnalla (Peltonen 2010) sekä säilörehun korjuuajankohdan valinnalla (Kuoppala ym. 2008, Rinne ym. 2010). Ensimmäisen sadon korjuuajankohta puolestaan vaikuttaa toisen sadon määrään ja laatuun sekä säilörehun ja väkirehujen syönteihin, maitotuotukseen, maidon pitoisuuksiin ja ravintoaineiden hyväksikäyttöön.

Artturi®-verkkopalvelu (2011) ja Peltonen (2010) suosittelevat lypsylehmien nurmisäilörehun korjuuajaksi D-arvoa 680 – 700 g/kg ka (D-arvo = sulavan orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta). Kaikkien kasvukauden säilörehujen osalta on kuitenkin vaikea saavuttaa korjuuajasuositusten mukaista sulavuutta, ellei korjata kolmea säilörehusatoa vuodessa (Rinne ym. 2000a, Sairanen 2011). Valio Oy:n analysoimien nurmisäilörehunäytteiden D-arvot olivat vuosina 2002 – 2010 sisäruokintakausina ensimmäisessä sadossa keskimäärin 685 g/kg ka ja toisessa sadossa keskimäärin 667 g/kg ka (181035 kpl näytettä; Artturi®-verkkopalvelu 2011).

Säilörehun korjuuta myöhästyettäessä säilörehun sulavuus heikkenee lineaarisesti noin 5,0 g/kg ka/pv (Rinne 2000, Huhtanen ym. 1998). Säilörehun D-arvon pienentyessä kuiva-aine- ja muuntokelpoisen energian (ME) määrä hehtaaria kohden lisääntyy ensimmäisen sadon osalta (Rinne 2000, Hannukkala ym. 2009, Rinne ym. 2010, Sairanen 2011). Kumulatiivinen lämpösumma selittää D-arvon heikkenemistä paremmin kuin korjuupäivä tai nurmen kemiallinen koostumus (Pulli 1980, Rinne ym. 2000a, Rinne 2000). Lisäksi nurmen kehitykseen ovat vaikuttaneet pellon kasvuolot kuten säteily ja veden sekä ravinteiden saanti (Gustavsson ym. 2004). Nurmen vanhetessa ensimmäisen sadon neutraalidetergenttikuidun (neutraalidetergenttikuitu= NDF) pitoisuus lisääntyy käyräviivaisesti (Rinne 2000, Kuoppala 2010) ja sen rakenne muuttuu ja sulavuus heikkenee (Kuoppala 2010). Lisäksi nurmen raakavalkuaisen (rv)-pitoisuus pienenee (Van

Soest 1994, Tremblay ym. 2005). Typpilannoitus vaikuttaa kuitenkin säilörehun sulavuutta enemmän sen rv-pitoisuuteen (Rinne 2000, Tremblay ym. 2005).

Ensimmäisen sadon osuus kokonaiskuiva-ainesadosta on ollut vajaa puolet, jos ensimmäinen säilörehu korjataan suosituksen mukaisesti (Rinne ym. 2000, Kuoppala ym. 2008). Ensimmäisen sadon korjuuta myöhästyttäessä ensimmäisen sadon D-arvo pienenee ja kuiva-aine- sekä ME-sato suurenevät. Sitä vastoin toisen sadon kuiva-aine- ja ME-sadonmäärä suhteessa koko kasvukauden satoon pienenee ja sulavuus lisääntyy (Rinne ym. 2000). Toisen sadon syönti ja maitotuotospotentiaali ovat huonompia kuin ensimmäisen sadon (Kuoppala 2010), joten sadon määrä- ja laatu kannattaa optimoida. Lisäksi koko kasvukauden kuiva-aine- ja ME-satojen määrät ovat lisääntyneet, kun säilörehun ensimmäisen sadon korjuuta myöhästytetään (Rinne ym. 2000a).

Säilörehun korjuuaika on tärkeimpiä syöntiin, maitotuotokseen ja ravintoaineiden hyväksikäyttöön vaikuttavia tekijöitä (Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008, Vanhatalo ym. 2009). Hyvin sulavaa säilörehua syötettäessä pötsin täyteisyys ei rajoita syöntiä (Rinne 2000). Väkirehumäärät ovat lisäksi pienempiä hyvin sulavaa säilörehua syötettäessä samaan maitotuotostasoon pyrittäessä verrattuna heikommin sulavaa säilörehua saaviin lemmiin. Neutraalidetergenttikuidun saanti lisääntyy säilörehun D-arvon heikentyessä käyräviivaisesti ja suurin NDF:n saanti saavutetaan, kun D-arvo on 640 g/kg ka (Huhtanen ym. 2007). Karkearehusta peräisin olevan NDF:n osuus koko dieetin NDF:n osuudesta on kuitenkin ollut yksittäisessä kokeessa pienempi heikosti sulavaa säilörehua saaneilla lehmillä verrattuna hyvin sulavaa säilörehua saaneisiin lemmiin (D-arvo 620 vs. 710 g/kg ka; Sairanen 2011).

Säilörehun sulavuuden parantuminen lisää ME:n ja rv:n saantia (Rinne ym. 1999, Kuoppala ym. 2008), mikä johtuu osittain ME:n ja rv-pitoisuuden lisääntymisestä säilörehussa ja osittain syönnin määrän lisääntymisestä (Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Hyvin sulavaa säilörehua syötettäessä on mahdollista käyttää tasaväkirehuruokintaa, koska eläin pystyy kompensoimaan pienempää väkirehun määrää tuotoskauden huipuissa lisäämällä säilörehun syöntiä, mikäli rehun säilönnällinen laatu on hyvä. Sitä vastoin syötettäessä huonosti sulavaa säilörehua, jonka D-arvo on alle 640 g/kg ka, pötsin täyteisyys rajoittaa säilörehun syöntiä (Huhtanen 1998). Tällöin eläin vähentää säilörehun syöntiä (Rinne ym. 1999, Rinne ym. 2002, Huhtanen ym. 2007, Nousiainen

ym. 2009) ja mikäli väkirehumäärä ei riitä tuotoksen ylläpitoon, eläin laihtuu tai maitotuotos pienenee.

Energiakorjatun maidon (ekm) tuotos pienenee noin 0,32 kg per 10 g/kg ka D-arvon pienenemistä kohden (Rinne 2000). Ensimmäisessä sadossa tämä tapahtuu noin kahdessa päivässä. Lisäksi valkuaisen ja rasvan pitoisuudet sekä tuotokset pienenevät (Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008.) Typen (Rinne ym. 1997, Kuoppala ym. 2008, Vanhatalo ym. 2009) ja ME:n (Rinne ym. 1999, Kuoppala ym. 2008) hyväksikäytöt sitä vastoin lisääntyvät säilörehun korjuuta myöhästyttäessä. D-arvon heikentyessä vähentynyttä maitotuotosta voidaan osittain kompensoida lisäämällä väkirehun määrää (Huhtanen ym. 1998).

Väkirehun määrän lisääminen vähentää säilörehun syöntiä, mutta lisää kokonaiskuiva-aineen syöntiä (Huhtanen 1998, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2011). Keskimäärin korvaussuhde (määrä, jonka yksi väkirehun kuiva-ainekilo vähentää säilörehun kuivaainesyöntiä) on ollut 0,41 kg/kg ka (Rinne ym. 1999, Rinne 2000). Korvaussuhde on ollut hyvin sulavia säilörehuja syötettäessä suurempi kuin heikosti sulavan D-arvon säilörehudieetillä (Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Energiakorjattu maitotuotos lisääntyy keskimäärin 0,61 kg jokaista lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden (Rinne ym. 1997, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008) ja väkirehun maitotuotostavaste (maito- ja valkuaisuotosto) lisääntyy säilörehun sulavuuden heikentyessä (Rinne 2000, Sairanen 2011). Väkirehun maitotuotostavaste kuitenkin pienenee, kun väkirehuanos suurenee (Aston ym. 1994b, Huhtanen 1998, Rinne 2000), jolloin myös typen ja energian hyväksikäyttö heikkenevät (Kuoppala ym. 2008). Aikaisemmissa kokeissa maidon rasvapitoisuus on pienentynyt ja valkuaispitoisuus lisääntynyt, kun väkirehun määrää on lisätty (Rinne ym. 1997, Huhtanen ym. 1998).

Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä syönti ja maitotuotos lisääntyvät. Aikaisempien tutkimusten mukaan väkirehun rv-pitoisuuden maitotuotostavaste on ollut samanlainen säilörehun sulavuudesta riippumatta (Rinne ym. 1999, Rinne 2000). Väkirehun valkuaispitoisuuden lisääminen lisää sekä maidon valkuais- että rasvapitoisuutta, mutta se heikentää typen ja OIV:n hyväksikäyttöä maidontuotannossa (Nousiainen 2004, Kuoppala 2010). Säilörehun tyyppi on nopeasti pötsistä liukenevaa, joten ylimääräisestä typestä ei ole maitotuotoksen kannalta hyötyä. Valkuaisen hyväksikäyttöön on lisäksi

vaikuttanut väkirehun valkuaisen laatu (Kuoppala 2010). Typen hyväksikäyttöä on siten mahdollista parantaa vähentämällä väkirehun rv-pitoisuutta (Nousiainen 2004). Väkirehun määrän vaikutus typen hyväksikäyttöön on sitä vastoin riippunut väkirehun valkuaispitoisuudesta (Huhtanen ym. 2008b). Pötsimikrobien kannalta dieetin rv on riittävä, kun maidon ureapitoisuus on ollut  $\geq 17$  mg/dl ja laskennallisen PVT:n on ollut nolla (Huhtanen 2010).

Rehun korjuun ajoitus on tilan taloudellisen tuloksen kannalta tärkeä päätös (Rinne ym. 2000a), koska se vaikuttaa nurmen satotasoon, sadon rehuarvoon, väkirehutäydennyksen määrään sekä maitotuotokseen. Wáthenin ym. (2008) mukaan parhaaseen taloudelliseen tulokseen päästiin syyskuun 2007 hinnoilla, kun säilörehun D-arvo oli 600 - 620 g/kg ka ja väkirehun sekä valkuaisen määrät olivat selvästi tällä hetkellä vallitsevia ruokintasuosituksia suuremmat. Tämä edellyttää, etteivät väkirehujen hinnat nouse yli 70 % sen hetkisistä hinnoista ja säilörehun hinta säilyy ennallaan. Tämä malli lisäksi olettaa, että säilörehun syönti pienenee lineaarisesti säilörehun sulavuuden pienentyessä, vaikka heikosti sulavista säilörehuista ei ole juuri tehty ruokintakoikeita. Seppälän ym. (2002) tutkimustulosten perusteella katetuotto lehmää kohden oli hyvin samanlainen korjuuajankohdasta riippumatta pitkällä aikavälillä, kun tilan on mahdollista ostaa mm. peltopinta-alaa lisää.

Säilörehun sulavuuden pienentyessä sen syönti pienenee ja väkirehunmäärän lisääminen maitotuotoksen ylläpitämiseksi vähentää edelleen säilörehunsyöntiä. Lisäksi kokonaissato ensimmäisen sadon sulavuuden heikentyessä lisääntyy. Tiloilla, jotka ovat lisänneet karjamäärää tai peltopinta-ala on muusta syystä pieni eläinmäärään nähden, säilörehun korjuun myöhästyttäminen voi tuoda helpotusta säilörehun riittävyysongelmaan. Säilörehun D-arvon ollessa eläimen kannalta optimaalinen (D-arvo 680 – 700 g/kg ka), se ei ole välttämättä paras tilan logistiikan, kuten korjuukonekapasiteetin riittävyyden ja säilörehun säilöntälaatuun vaikuttavien tekijöiden, kuten korjuusään suhteen. Lisäksi yhteiskoneiden käyttö säilörehun korjuussa voisi lisääntyä, mikäli korjuuajankohdan optimi olisi pidempi. Näin ollen tilakohtaiset tekijät voivat pakottaa myöhästyttämään säilörehunkorjuuta.

Maisterintutkielma tehtiin osana kolmivuotista Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) ja Aluekehityssäätiön, Maito-Savon kehittämishanketta (Karjatilan



kannattava peltoviljely, KARPE). Nurmirehun korjuuaikatutkimuksissa ja -suosituksissa on keskitytty kesän ensimmäisen sadon kehitykseen ja kaikkien lypsykarjatilojen korjuuaikasuositukseksi on annettu vain yksi korjuuajankohta (Artturi®-verkkopalvelu 2011). KARPE-hankkeen tavoitteena on tarkentaa lypsykarjatilojen korjuuaikasuosituksia koko kasvukauden osalta eri peltoala/eläinmäärä suhteilla ja tutkia sulavuudeltaan hyvin erilaisten säilörehujen väkirehu- ja valkuaisäydennyksen määrää, koska aikaisemmat kokeet painottuvat hyvin sulaviin säilörehuihin.

Tämän maisterintutkielman tavoitteena on tutkia aikaisin ja erittäin myöhään korjatun ensimmäisen sadon säilörehun, kahden erilaisen väkirehutason ja kolmen erilaisen väkirehun rv-tason vaikutuksia rehun syöntiin, maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin sekä ravintoaineiden hyväksikäyttöön maidontuotantokauden keskivaiheessa. Lisäksi selvitetään, paljonko väkirehua tarvitaan kompensoimaan myöhään korjatun säilörehun D-arvoa, koska tilakohtaiset tekijät voivat vaikuttaa siihen, että säilörehu korjataan nykyisiä korjuuaikasuosituksia myöhemmin. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, voiko säilörehun heikkoa sulavuutta kompensoida väkirehun rv-pitoisuutta lisäämällä, eli onko väkirehun rv-pitoisuuden ja säilörehun D-arvon välillä yhdysvaikutusta. Yhtenä näkökulmana pohdittiin säilörehun sadonmuodostusta.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Koejärjestelyt ja koe-eläimet

Koe suoritettiin ajanjaksolla 8.9. - 9.11.2008 MTT Maaningalla (63°10'N, 27°18'E). Kokeessa oli mukana 36 usean kerran poikinnutta holstein-lehmää, joiden poikimisesta oli kulunut kokeen alkaessa keskimäärin 195 päivää (s.d. 64) sekä 6 holstein-ensikkoa, joiden poikimisesta oli kulunut keskimäärin 134 päivää (s.d. 78). Lehmien keskituotos oli kokeen alkaessa 37,3 kg (s.d. 4,53) ja ensikoiden 31,2 kg (s.d. 5,40).

Koeasetelma oli 2 x 2 x 3 *cyclic change over* -mallin mukainen (Davis ja Hall 1969), jossa oli sulavuudeltaan kaksi erilaista ensimmäisen sadon säilörehua (SR), kaksi väkirehutasoa (VR) ja kolme eri väkirehun raakavaluaispitoisuutta (RV). Jaksoja oli kolme, joista kukin kesti 21 päivää. Jaksojen ensimmäiset kaksi viikkoa olivat valmistuskautta ja viimeinen viikko oli keruukausi. Ensikoilla oli vain 6 ruokintaa, koska kor-

keinta väkirehutasoa ei käytetty. Ensikot ja useamman kerran poikineet olivat eri blokeissa. Koeruokinnat arvottiin blokin sisällä satunnaisesti eläimille.

## 2.2 Rehut, ruokinta, säätiedot

Kokeessa oli mukana kaksi ensimmäisestä sadosta tehtyä nurmisäilörehua. Rehut tehtiin kolmelta erilliseltä mahdollisimman tasalaatuiselta lohkolta vuonna 2007 perusteista timotei (*Phleum pratense*) - nurminata (*Festuca pratensis*) kasvustoista. Jokainen lohko lannoitettiin keväällä 16.5. niin, että lannoitusmäärät ja lannoitteet olivat samat osalohkojen sisällä, mutta erosivat lohkojen välillä erilaisten maalajien ja ravinnetaseiden takia. Lohkojen maalajit olivat hiesusavi, hietamoreeni ja hiesusavi ja pH 6,3, 6,3 ja 5,9 vastaavasti. Lannoitusmäärät olivat lohkoittain koko kasvukauden ajalle vastaavasti N-P-K 200-0-85, 200-0-78 ja 200-16-102 kg/ha (Yara Suomi Oy). Jokainen koe lohko oli jaettu kahteen mahdollisimman samanlaiseen osalohkoon kahta nurmen kehitystasetta varten. Lohkojen niittoajankohdat arvottiin satunnaisesti osalohkoille. Osalohkot mitattiin GPS- mittalaitteella (Trimble ProXR, Geotrim Ltd, Suomi) ennen niittoa ja mitatut alueet merkittiin merkkikepeillä.

Rehut niitettiin 17.6.2008 aikaisessa kehitysvaiheessa (D-arvotavoite 690 g/kg ka, D69) ja 1.7.2008 myöhäisessä kehitysvaiheessa (D-arvotavoite 600 g/kg ka, D65). Rehunkorjuaika määräytyi nurmen D-arvon ja sääolosuhteiden mukaan. Rehut niitettiin niittomurskaimella (JF 320 GSM) 10 - 12 cm:n sänkikorkeuteen ja esikuivattiin keskimäärin 24 tuntia. Säilöntäaineena käytettiin 5 litraa/rehutonna muurahaishappopohjaista säilöntäainetta (AIV® 2 Plus, Kemira Oyj, koostumus: 760 g/kg muurahaishappoa, 5,5 g/kg ammoniumformiaattia, 18,5 g/kg vettä). Rehut korjattiin tarkkuussilppurilla (JF 1150), kuormat punnittiin läpiajettavalla kuormavaa'alla ja rehut säilöttiin salvosiiloihin.

Säätiedot kerättiin MTT Maanigan Ilmatieteenlaitoksen sääasemalta päivittäin kasvukauden aikana. Sääasema sijaitsi noin 2 ja 3 km:n etäisyydellä koelohkoilta. Tehoisa lämpösumma laskettiin kasvukauden alkamisesta  $\Sigma$  (päivän keskimääräinen lämpötila — 5 °C). Kasvupäivien lukumäärä laskettiin päivien summana, jolloin päivän keskilämpötila oli yli 5 °C.

Väkirehuina oli kolme valkuaispitoisuudeltaan erilaista teollista täysrehua (Rehuraio Oy). Lehmät saivat ilmakeuhua täysrehua joko 9 kg (MVR) tai 12 kg (KVR) ja ensikot 9 kg (MVR) päivässä. Väkirehujen rv-pitoisuuksien tavoitearvot olivat 140 (RV14), 180 (RV18) ja 210 (RV21) g/kg ka. Väkirehut jaettiin neljä kertaa päivässä neljänä yhtä suurena annoksena klo 5:30, 14:00, 17:30 ja 21:00.

Säilörehut jaettiin kolme kertaa päivässä klo 7:30, 12:00 ja 15:30 ja sitä oli tarjolla keskimäärin 20 tuntia/pv, koska ruokintapöydällä ei ollut rehua siivouksen ja täytön aikana. Jokaisella lehmällä oli yksi väkirehulaatikko ja kaksi säilörehulaatikkoa, jotka oli numeroitu lehmän korvanumeron mukaan. Säilörehut tulivat mattokuljetinta ja väkirehut putkea pitkin siilosta vaa'alle, jossa ne punnittiin laatikoihin. Laatikot kuljetettiin lattian pinnassa olevaa ketjurataa pitkin navettaan samassa järjestyksessä kuin lehmät sijaittivat navetassa. Ketjuradalta laatikot siirrettiin käsin lehmien eteen. Parret oli osastoitu muovilevyillä niin, etteivät ne päässeet syömään toisensa rehuannoksia. Lehmien rehuannosten sekoittumisen estämiseksi lehmien ruokintapaikat oli erotettu levyillä. Lisäksi jokaisen lehmän säilörehu- ja väkirehupuoli oli vielä erotettu levyillä, jotteivät rehut päässeet sekoittumaan keskenään. Lisäksi ruokintapaikkojen edessä oli muovilevy estämässä lehmiä heittämästä rehua ruokintapöydälle. Säilörehun vapaa syönti järjestettiin niin, että jäännösrehun määrä pyrittiin pitämään 5-10 %:na. Syömättä jääneet säilörehut ja väkirehut punnittiin päivittäin lehmäkohtaisesti. Säilörehutähteen perusteella arvioitiin säilörehuannosten muutostarve seuraavaa päivää varten. Lehmien päivittäinen säilörehun ja väkirehun syönti laskettiin vähentämällä tähteiden määrä annetusta rehuannoksesta.

### 2.3 Lypsy ja maitonäytteet

Lehmät oli kytketty parteen ja ne lypsettiin kahdesti päivässä noin klo 7:00 ja 16:00. Maitotuotos mitattiin päivittäin jokaiselta lehmältä lypsy-yksiköihin kiinnitettyjen mitasäiliöiden asteikkojen avulla. Tilastollisissa analyyseissä käytettiin keruujaksojen tuloksia. Maitonäytteet otettiin aamu- ja iltalypsyn aikana kolmena peräkkäisenä päivänä keruujaksoilla. Jokaisesta yksittäisestä maitonäytteestä analysoitiin rasva, valkuainen, laktoosi ja urea Valion Lapinlahden aluelaboratoriossa MilcoScan FT6000 analyssaattorilla. Pitoisuudet laskettiin painotettuna keskiarvona aamu- ja iltamaidosta.

## 2.4 Rehunäytteiden keruu ja analysointi

Säilörehuista otettiin edustavat näytteet rehujen punnituksen yhteydessä viitenä peräkkäisenä päivänä keruujakson aikana. Näytteet pakastettiin näytteenoton jälkeen -23 °C:ssa. Kokeen lopussa näytteet sulatettiin ja yhdistettiin säilörehun korjuuajan ja keruujakson mukaan kuudeksi näytteeksi primäärisen kuiva-aineen ja kemiallisen koostumuksen ja *in vitro* -sulavuuden analysointia varten. Säilörehujen jaksonäytteistä yhdistettiin lisäksi kaksi näytettä säilörehun korjuuajan mukaan säilönnällisen laadun analysointia varten. Rehunäytteiden kemialliset analyysit ja *in vitro* -analyysit tehtiin Jokioisilla MTT:n Kotieläintuotannon tutkimuksen laboratoriossa.

Rehuarvojen kemiallista analyysiä varten näytteet kuivattiin lämpökaapissa 60 °C:ssa 48 tuntia. Säilörehun primäärinen kuiva-ainepitoisuus määritettiin kuivaamalla näyte 105 °C:ssa 20 tuntia. Primäärinen kuiva-aine korjattiin haihtuvien yhdisteiden osalta Huidan ym. (1986) mukaan. Sekundäärinen kuiva-aine määritettiin analyysikuivaatuista näytteistä kuivaamalla niitä uudestaan 105 °C:ssa 16 tuntia. Rehun orgaaninen aine (OA) määritettiin standardirehuanalyysien mukaan (AOAC 1990, No 942.05) tuhkaamalla näyte 600 °C:ssa kaksi tuntia. Tuoreiden näytteiden typpimääritykset tehtiin Kjeldahlin (AOAC 1990, No 984.13) menetelmää käyttäen automaattisella tisluslaitteella (Foss Kjeltec 2300 Analyzer Unit, Foss Tecator AB, Högnäs, Ruotsi). Raakavalkuainen (RV) saatiin kertomalla näytteestä määritetty typpipitoisuus luvulla 6,25. Neutraalidetergenttikuitu määritettiin Van Soestin ym. (1991) menetelmän mukaisesti sintterillä. D-arvo määritettiin *in vitro* -sellulaasimenetelmällä (Friedel 1990) käyttäen las kennassa kotimaisiin *in vivo* -sulavuuskokeisiin perustuvia korjauskaavoja (Nousiainen ym. 2003, Huhtanen 2006).

Käymislaatuinäytteistä analysoitiin pH. Säilörehun haihtuvat rasvahapot (Volatile Fatty Acids eli VFA) (etikka-, propioni-, voi-, isovoio-, isovaleriaana-, valeriaana-, kapronihappo) määritettiin Huhtasen ym. (1998a) kuvaamalla tavalla. Maitohappo määritettiin Haackerin ym. (1983) ja ammoniumtyppi McCulloughin (1967) mukaan kolorimetrisesti. Liukoinen typpi määritettiin Foss Kjeltec 2300 analysaattorilla (Foss Tecator AB, Höganäs, Sweden), (AOAC No 984.13).

Jokaisesta väkirehusta otettiin näytteet keruujakson aikana viitenä peräkkäisenä päivänä jaksonäytteeksi. Analyysejä varten kaikkien koejaksojen näytteet yhdistettiin kokeen lopussa kolmeksi näytteeksi. Näytteestä analysoitiin primäärinen ja sekundäärinen kuiva-aine sekä NDF, jotka analysoitiin samoja menetelmiä käyttäen kuin säilörehunäytteet. Lisäksi analysoitiin väkirehun rv käyttäen määrittelyyn Leco FP 428 tyyppianalysointia (Leco Corp., St Joseph; MI 49085; USA), (AOAC No. 968.06).

## 2.5 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi

Väkirehulle laskettiin tuhka- ja rv-pitoisuudet käyttämällä Rehutaulukot ja ruokintasuositukset -julkaisun (MTT 2010) arvoja väkirehun komponenteille ja painottamalla arvoja ainesosien suhteellisella osuudella väkirehussa. Samoin väkirehujen ME-, OIV- ja PVT-pitoisuudet laskettiin rehun ainesosien arvojen (MTT 2010) avulla painottamalla jokaisen ainesosan arvoa sen suhteellisella osuudella väkirehussa.

Säilörehusta määritetyn *in vitro* -sulavuuden perustella laskettiin rehun energia-arvo muuntokelpoisena energiana.

D-arvo g/kg ka = orgaanisen aineen pitoisuus \* orgaanisen aineen sulavuus

ME (MJ)/kg ka = 0,016 \* D-arvo g/kg ka

Säilörehun OIV- ja PVT-pitoisuudet laskettiin rehuista määritettyjen arvojen ja rehutaulukoissa esiintyviä vakioita apuna käyttäen (MTT 2010).

Säilörehun syönti-indeksi laskettiin seuraavasti (Huhtanen ym. 2007):

Säilörehun syönti-indeksi =  $100 + 10 \times [(D\text{-arvo} - 680) \times 0.017$

$- (\text{hapot} - 80) \times 0.0128 + (0.0198 \times (\text{ka} - 250) - 0.00002364 \times (\text{ka}^2 - 250^2)) - 0.44 \times$

$\text{jälkisatosäilörehun osuus} + 4.13 \times \text{palkokasvien osuus} - 2.58 \times \text{palkokasvien osuus}^2$

$+ 5.90 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus} - 6.14 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus}^2$

$- 0.0023 \times (\text{kuitu} - 550)]$ ,  
jossa jälkisato-, palkokasvi- ja kokoviljasäilörehujen osuus vaihtelee välillä 0-1, D-arvo (g/kg ka), Hapot = käymishappojen yhteismäärä eli maitohappo + haihtuvat rasvahapot (g/kg ka), ka = säilörehun kuiva-ainepitoisuus (g/kg)

Kuitu = neutraalidetergenttimenetelmällä määritetty säilörehun kuitupitoisuus (g/kg ka). Indeksi lasketaan siten, että rehua verrataan standardisäilörehuun, jonka ominaisuudet ovat seuraavat: D-arvo 680 g/kg ka, hapot 80 g/kg ka, kuiva-ainepitoisuus 250 g/kg, kuitupitoisuus 550 g/kg ka, tehty 1. sadosta, ei sisällä palkokasveja eikä kokoviljasäilörehua.

Energiakorjattu maitomäärä (ekm) laskettiin Sjaunjan ym. (1991) mukaan seuraavasti:  
$$\text{ekm (kg)} = \text{maito (kg)} * (383 * \text{Rasva (\%)} + 242 * \text{Valkuainen (\%)} + 165,4 * \text{Laktoosi (\%)} + 20,7) / 3140$$

Ek-m-tuotos vuotta kohden laskettiin = 305 päivää \* ek-m-tuotos/pv

Lehmän tuottaman maidon energian laskemiseksi käytettiin ek-m-kilon energiasisältöä:  
$$\text{MJ/pv} = \text{ekm kg/pv} * 3,14 \text{ MJ kg}$$

OIV:n ja ME:n hyväksikäyttö laskettiin seuraavien kaavojen avulla:

$$\text{OIV:n hyväksikäyttö} = \text{Maidon valkuaistuotos (g/pv)} / (\text{OIV:n saanti (g/pv)} - \text{OIV:n tarve ylläpitoon (g/pv)})$$

OIV:n tarve ylläpitoon laskettiin:

$$1,8 * (\text{elopaino}^{0,75}) + 14 * \text{kuiva-aineensyönti kg ka/pv (MTT 2010)}$$

OIV:n tarve maidontuotantoon laskettiin:

$$(1,47 - 0,0017 * \text{ekm (kg/pv)}) * \text{valkuaistuotos (g/pv)} \text{ (MTT 2010)}$$

$$\text{ME:n hyväksikäyttö} = \text{Maidon energia (MJ)} / ((\text{ME:n saanti (MJ)} - \text{ME:n tarve ylläpitoon (MJ)})$$

ME:n tarve ylläpitoon laskettiin seuraavasti:

$$\text{Elopaino}^{0,75} * 0,515 \text{ (MTT 2010)}$$

ME:n hyväksikäyttö laskettiin käyttämällä sekä korjaamatonta että korjattua ME-saantia. Korjaamaton ME-saanti laskettiin rehujen ME-pitoisuuksien perusteella ja korjattu saanti seuraavasti (MTT 2010):

$$\text{Korjattu ME:n saanti MJ/pv} = \text{korjaamaton ME-saanti (MJ/pv)} - (-56,7 + 6,99 * \text{MEyp} + 1,621 * \text{ka-syönti} - 0,446 * \text{rv-pit} + 0,00112 * \text{rv-pit}^2)$$

missä:

ka-syönti = kuiva-aineen syönti, kg/pv

MEyp = rehuannoksen korjaamaton ME-pitoisuus, MJ/kg ka

rv-pit = rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus, g/kg ka

Energiatase= (korjattu ME:n saanti) – (maidon energiasisältö + energiantarve ylläpitoon)

Maidontuotantokokeen tulokset analysoitiin SAS 9.1:n *Mixed*- proseduuria (SAS Institute., Cary, NC, USA) käyttäen. Tilastollisessa mallissa oli kiinteinä tekijöinä jakso, säilörehun sulavuus, väkirehun rv-pitoisuus, väkirehun määrä sekä ruokintatekijöiden väliset yhdysvaikutukset. Blokki oli kiinteänä muuttujana ja yksittäiset eläimet toimivat satunnaismuuttujina. Väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus jaettiin edelleen lineaariselle ja quadraattiselle kontrastille analysoitaessa niiden itsenäistä vaikutusta.

$Y = \mu + \varepsilon + L_i + B_j + J_k + S_l + V_m + M_n + V*S_{mk} + M*S_{nl} + V*M_{mn} + M_n*V_m*S_l$ , missä

$\mu$  = yleiskeskisarvo,  $\varepsilon$  = virhetermi,  $L_i$  = lehmän vaikutus,  $B_j$  = blokin vaikutus,  $J_k$  = jakson vaikutus,  $S_l$  = säilörehun sulavuuden vaikutus,  $V_m$  = väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus,  $M_n$  = väkirehun määrän vaikutus,  $V*S_{mk}$  = väkirehun raakavalkuaispitoisuuden ja säilörehun sulavuuden yhdysvaikutus,  $M*S_{nl}$  = väkirehun määrän ja säilörehun sulavuuden yhdysvaikutus,  $V*M_{mn}$  = väkirehun raakavalkuaispitoisuuden ja väkirehun määrän yhdysvaikutus,  $M_n*V_m*S_l$  = väkirehun määrän, väkirehun raakavalkuaispitoisuuden ja säilörehun sulavuuden yhdysvaikutus.

Taulukoissa on esitetty päävaikutusten keskiarvot ja P-arvot sekä yhdysvaikutusten P-arvot. Tilastollisesti merkitseviin yhdysvaikutuksiin liittyvät ruokintojen keskiarvot ja keskiarvon keskihajonnat on esitetty kuvioissa ja tekstissä. Kaikki merkitsevyydet on ilmoitettu P-arvoina seuraavasti:

P<0,10 = suuntaa-antava

P<0,05 = merkitsevä

P<0,01 = hyvin merkitsevä

P<0,001 = erittäin merkitsevä

Nurmikasvuston kehitystä verrattiin MTT Maaningan, Ruukin ja Jokioisten vuosien 1997 - 2010 aikana kerättyyn kymmeneen ruutukoeaineistoon. Aineistosta tehtiin Darvon ja kuiva-aine- ja ME-sadon kehityksestä SAS EG:n satunnaiskertoiminen regressioanalyysi.

### 3. Tulokset

#### 3.1 Sääolosuhteet, nurmisato, säilö- ja väkirehujen kemiallinen koostumus, rehuarvot sekä säilörehujen säilönnällinen laatu

Kasvukausi alkoi Maaningalla 28.4.2008. Kasvukausi 2008 oli viileä ja sateinen. Kumulatiivista sadantaa kertyi ensimmäiseen rehuntekoon mennessä 230 mm ja seuraavaan rehuntekoon mennessä 267 mm, mikä oli 123 mm ja 127 mm enemmän verrattuna pitkäaikaisiin tilastoihin vuosilta 1971 – 2000. Tehoisan lämpösumman kertymää oli tullut aikaisempaan niittoajankohtaan mennessä 256 °C ja toiseen niittoon mennessä 394 °C, mikä on vastaavasti 13,4 °C ja 22,1 °C vähemmän verrattuna vuosien 1971 - 2000 keskilämpötilatilastoihin (Ilmatieteenlaitos 2008).

Aikaisessa kehitysvaiheessa korjatun nurmen keskimääräinen hehtaarisato oli 4186 kg ka ja myöhäisessä kehitysvaiheessa korjatun 4435 kg ka (taulukko 1). Keskimääräinen energiayksikkösato väheni 1921 MJ ME/ha, kun rehun korjuuta myöhästytettiin 14 päivää.



Taulukko 1 Nurmen korjuu- ja satotiedot sekä sääolosuhteet

	Aikainen kehitysaste		Myöhäinen kehitysaste	
	D69		D65	
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
Korjuuaika	17.6.2008		1.7.2008	
Esikuivatusaika, h	24		24	
Kuiva-aine, g/kg	263	0,4	226	1,4
Sato, kg/ha	16299	4136,5	20137	3581,5
Sato, kg ka/ha	4186	1012,6	4435	1069,1
ME-sato, MJ/ha	47042	11075,8	45121	11360,7
ME MJ/kg ka	11,1	0,15	10,5	0,40
Kasvupäiviä	50		64	
Kumulatiivinen sadanta, mm	230		267	
Tehoisa lämpösumma, °C	256		394	

D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti

Kuiva-aine= valmiin säilörehun kuiva-aine, ME= muuntokelpoinen energia

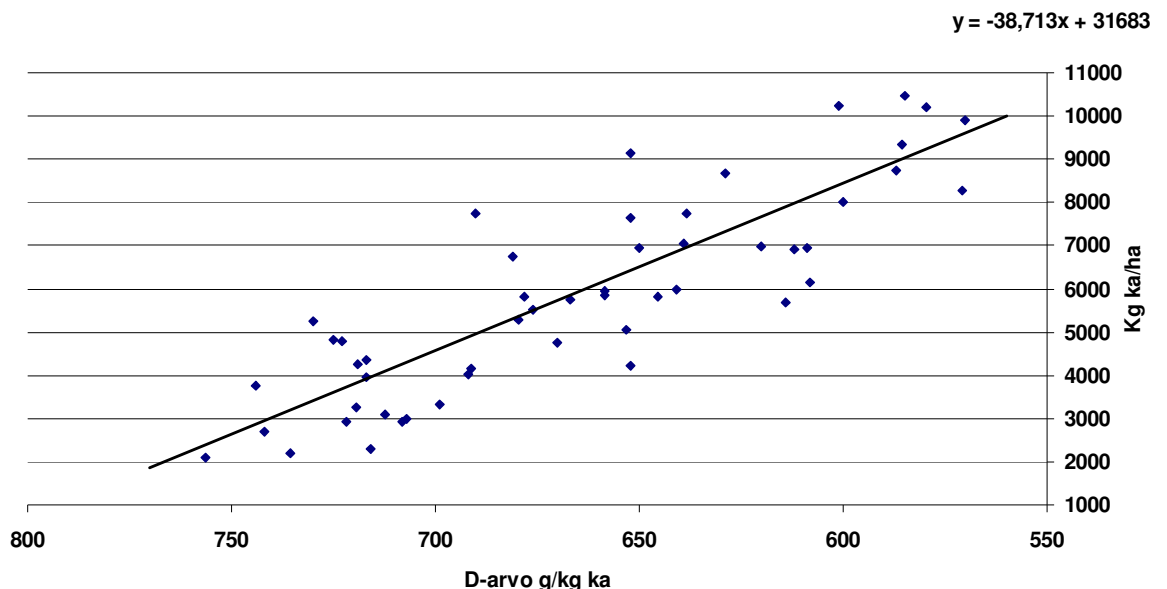
D-arvo = sulavan orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta

Kasvupäivä = laskettu kasvukauden alkamisesta 28.4.2008

Kumulatiivinen sadanta = laskettu kasvukauden sadannan summana

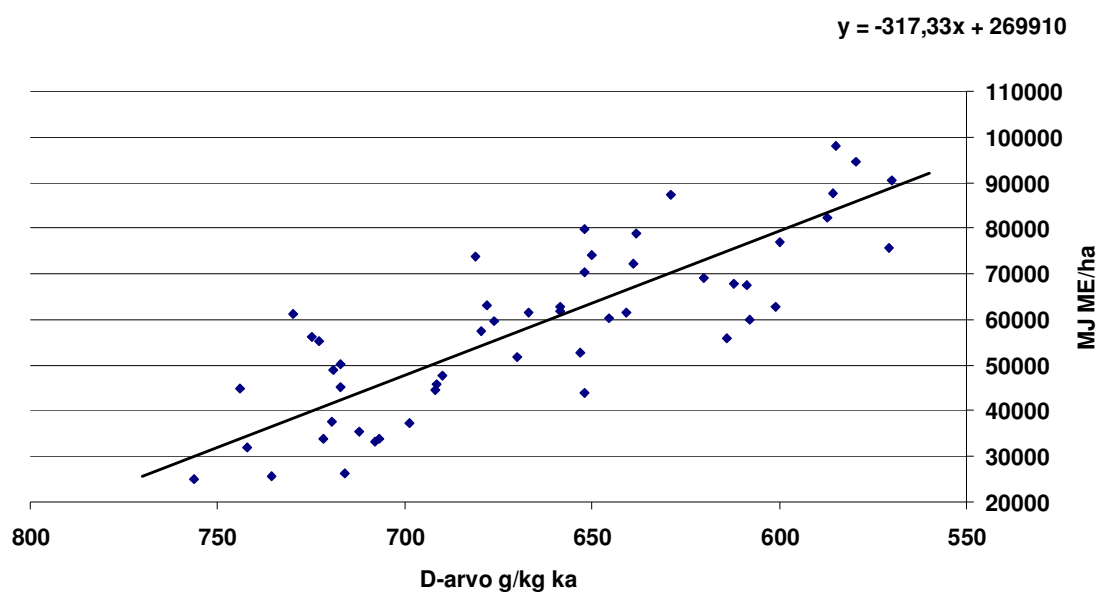
Tehoisa lämpösumma = laskettu vuorokausien keskilämpötilojen summista kasvukauden alusta, kun päivän keskilämpötilasta on ensin vähennetty 5 °C

Kuvioissa 1 ja 2 on esitetty MTT Maaningan, Ruukin ja Jokioisten 10 eri kokeen D-arvojen kehitykset ja niiden vaikutus kuiva-aine ja ME-satoihin.



Kuvio 1. MTT Maaningan, Ruukin ja Jokioisten vuosina 1997-2010 tehtyjen ruutuko-  
keiden keskisatoja (kg ka/ha) D-arvon muuttuessa (julkaisematon)

Ruokintakokeen rehujen osalta ME-sato pieneni yllättäen niittoaikojen välillä 506 MJ ME/ha per 10 g/kg ka D-arvo pienenemistä kohden. ME-sadon pieneneminen johtuu kasvuston D-arvon pienenemisestä ja kuiva-ainesadon hitaasta lisääntymisestä. Aikaisemmissa ruutukokeissa ME-sato on lisääntynyt lineaarisesti kasvukauden edetessä 3173 MJ ME/ha per 10 g/kg ka D-arvon pienenemistä kohden (Kuvio 2).



Kuvio 2. MTT Maaningan, Ruukin ja Jokioisten vuosina 1997-2010 tehtyjen ruutukokeiden keskisatoja (ME MJ/ha) D-arvon muuttuessa (julkaisematon)

Säilörehujen kuiva-ainepitoisuus oli hieman suurempi aikaisessa kehitysvaiheessa korjatuissa säilörehuissa verrattuna myöhäisessä kehitysvaiheessa korjattuun säilörehuun (263 vs. 226 g/kg). Säilörehujen kemiallisen koostumuksen ja rehuarvojen keskiarvot on esitetty taulukossa 2 koko kokeen ajalta. Säilörehujen pH oli hieman suurempi, kun säilörehu oli korjattu aikaisemmin (3,90 vs. 3,83). Säilörehujen tuhkapitoisuudessa ei tapahtunut suuria muutoksia, kun korjuuta myöhästettiin. Raakavalkuaispitoisuus väheni (148 vs. 119 g/kg ka) ja NDF-pitoisuus lisääntyi (559 vs. 596), kun säilörehun korjuuaikaa myöhästettiin 14 päivää. Käymislaadun osalta säilörehujen välillä oli vain pieniä eroja. Maitohapon määrä oli molemmissa rehuissa hyvin samanlainen (D69 = 50,0 vs. D65 = 52,2 g/kg ka). Maitohapon ja etikkahapon määrät olivat samat molemmissa säilörehuissa. Muita happoja ja ammoniakkia muodostui säilönnän aikana vain hieman. Liukoisen typen osuus rehun kokonaistypestä väheni, kun säilörehun korjuuaikaa myöhästettiin (D69 = 682 g/kg N vs. D65 = 509 g/kg N).

Säilörehujen D-arvo pieneni 38,7 g/kg ka ja muuntokelpoisen energian pitoisuus väheni 0,619 MJ/kg ka, kun korjuuta myöhästytettiin 14 päivää. Sekä OIV- että PVT- pitoisuudet pienenevät, kun säilörehu korjattiin myöhemmin. Aikaisemmassa kehitysvaiheessa korjatun säilörehun syönti-indeksi oli keskimäärin 11 pistettä suurempi kuin myöhemmin korjatun säilörehun.

Taulukko 2. Säilörehun keskimääräinen kemiallinen koostumus, säilönnällinen laatu ja rehuarvot

	Aikainen kehitysaste		Myöhäinen kehitysaste	
	D65			
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
n	3		3	
Kuiva-aine, g/kg	263	0,4	226	1,4
pH	3,90	0,090	3,83	0,245
Kuiva-aineessa, g/kg				
Tuhka	73,6	4,36	71,0	11,70
Raakavalkuainen	148	7,0	119	15,7
Neutraalidetergenttikuitu	559	17,0	596	27,9
Maitohappo	50,0	nd	52,2	nd
Etikkahappo	18,2	nd	18,9	nd
Propionihappo	0,455	nd	0,160	nd
Voihappo	0,125	nd	0,120	nd
Isovoihappo	0,000	nd	0,000	nd
Isovaleriaanahappo	0,110	nd	0,080	nd
Valeriaanahappo	0,000	nd	0,000	nd
Kapronihappo	0,000	nd	0,000	nd
Ammoniumtyppi, g/kg N	51,4	nd	58,5	nd
Liukoinen typpi, g/kg N	682	nd	509	nd
Rehuarvot				
D-arvo, g/kg ka	692	9,3	654	25,2
ME, MJ/kg ka	11,1	0,15	10,5	0,40
OIV, g/kg ka	83,2	1,65	74,8	3,21
PVT, g/kg ka	24,3	4,65	6,31	11,32
Säilörehun syönti-indeksi <sup>1)</sup>	104	2,2	93,4	3,78

ME= muuntokelpoinen energia, OIV= ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT= pötsin valkuaisaste, D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti

<sup>1)</sup>Laskettu Huhtanen ym. (2008b) mukaan, nd) Ei määritetty

Väkirehujen komponentit, koostumus ja rehuarvot on esitetty taulukossa 3. Täysrehun rv-pitoisuuden lisääntyessä kuitupitoisen rehujauholeseoksen sekä ohran ja kauran osuudet pienenevät, kun taas soija- ja rypsiroouheen määrät lisääntyivät. Juurikasmelassin, suojatun rasvan ja kivennäis-hivenaine-vitamiiniseoksen osuus pysyi täysrehujen välillä melko vakiona. Väkirehujen rv-pitoisuudet vastasivat hyvin tavoitetta ollen 142

(RV14), 183 (RV18) ja 210 (RV21) g/kg ka. Rehut sisälsivät lähes saman verran tuhkaa, raakarasvaa ja muuntokelpoista energiaa. Ainostaan NDF:n pitoisuus väheni ja OIV:n sekä PVT:n pitoisuudet lisääntyivät, kun rehujen rv-pitoisuus lisääntyi.

Taulukko 3 Väkirehun komponentit, koostumus ja rehuarvot

Koostumus	Väkirehut		
	RV14	RV18	RV21
Raaka-aine, g/kg			
Rehujauholeseseos	307	298	220
Kaura	200	175	150
Ohra	200	175	150
Melassileike	200	150	157
Juurikasmelassi	45	40	40
Rypsirouhe	–	57	119
Soijarouhe	–	57	119
Suojattu rasva	20	20	20
Kivennäiset, hivenaineet ja vitamiinit	28	28	25
Kuiva-aine, g/kg	938	942	944
Kuiva-aineessa, g/kg			
Tuhka <sup>1)</sup>	75,4	77,4	77,9
Raakavalkuainen	142	183	210
Raakarasva <sup>1)</sup>	56,9	57,4	54,7
Neutraalidetergenttikuitu	295	283	268
Rehuarvot			
Rehuyksikkö/kg ka <sup>1)</sup>	1,06	1,06	1,06
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka <sup>1)</sup>	12,4	12,4	12,4
Ohutsuolessa imeytyvä valkuainen, g/kg ka <sup>1)</sup>	93,1	101	111
Pötsin valkuaiastase, g/kg ka <sup>1)</sup>	-4,30	21,5	34,2

RV14, RV18, RV21 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 142, 183, 210 g/kg ka vastavasti, <sup>1)</sup> Laskettu MTT:n (2010) mukaan rehuosien painotettuna keskiarvona

### 3.2 Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti

Rehujen syönti ja ravintoaineiden päivittäinen saanti on esitetty taulukossa 4. Lehmät söivät D69-rehua 1,6 kg ka enemmän ( $P < 0,001$ ) ja kokonaiskuiva-aineensyönti oli 1,8 kg ka runsaampaa kuin D65-säilörehua saaneiden lehmien ( $P < 0,001$ ). Väkirehun syönnin lisääntyessä säilörehun kuiva-aineensyönti väheni päivässä 0,39 kg ( $P < 0,001$ ), mutta kokonaiskuiva-aineensyönti lisääntyi 0,63 kg ( $P < 0,001$ ) lisääntyntä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden. Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä RV14:sta RV21:een säilörehun syönti lisääntyi 0,76 kg ka ( $P_L < 0,01$ ) ja kokonaiskuiva-aineen syönti 0,78 kg

ka/pv ( $P_L < 0,001$ ). Väkihumäärän osuus kuiva-aineesta oli 0,086 yksikköä pienempi, kun lehmät saivat MVR-annoksen väkirehua verrattuna KVR-annoksen saaneisiin lemmiin ( $P < 0,001$ ).

D69-säilörehua saaneet lehmät söivät 0,89 kg enemmän orgaanista ainetta kuin D65-säilörehua saaneet lehmät ( $P < 0,05$ ) säilörehun sulavuuden vaikuttaessa syötiin 0,24 kg ka per 10 g/kg ka sulavuuden lisääntymistä kohden. Orgaanisen aineen saanti lisääntyi 0,82 kg lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden. D69-säilörehua syöneet lehmät saivat päivittäin enemmän rv:ta verrattuna D65-säilörehua saaneisiin lemmiin (3,84 vs. 3,30 kg) ( $P < 0,001$ ). Raakavalkuaisen syönti lisääntyi 0,19 kg lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden ( $P < 0,001$ ) ja 0,12 kg väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä 10 g/kg ka ( $P_L < 0,001$ ,  $P_Q < 0,05$ ).

Taulukko 4 Säilörehun sulavuuden, väkirehumäärän ja väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus syöntiin ja ravintoaineiden saantiin

	Säilörehu (SR)		Väkirehu (VR)		Raakavalkuaispitoisuus (RV)				Tilastollinen merkitsevyystaso a)			
	D69	D65	MVR	KVR	RV142	RV18	RV21	SEM min - max	SR	VR	RV <sub>L</sub>	RV <sub>Q</sub>
Syönti, kg ka/pv												
Säilörehu	13,1	11,5	12,8	11,8	11,9	12,3	12,6	0,35 - 0,38	<0,0001	<0,0001	0,0063	0,7962
Väkirehu	9,26	9,24	7,92	10,6	9,24	9,25	9,27	0,022 - 0,026	0,597	nd	0,4999	0,3965
Kokonaissyönti	22,5	20,8	20,8	22,5	21,3	21,7	22,0	0,39 - 0,40	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,6827
Vr osuus	0,41	0,44	0,38	0,47	0,43	0,43	0,42	0,045 - 0,051	<0,0001	nd	0,0057	0,8809
Ravintoaineiden saanti/pv												
Orgaaninen aine, kg	20,6	19,7	19,0	21,2	19,8	20,2	20,5	0,32 - 0,36	0,0003	<0,0001	0,0117	0,6659
Raakavalkuainen, kg	3,84	3,30	3,31	3,83	3,13	3,62	3,96	0,034 - 0,040	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0157
NDF, kg	9,83	9,77	9,53	10,1	9,68	9,84	9,89	0,148 - 0,196	0,112	0,1067	0,2231	0,6298
ME, MJ	263	236	238	261	246	250	254	3,9 - 4,2	<0,0001	<0,0001	0,0064	0,8687
ME MJ <sup>2)</sup>	222	245	224	243	229	234	238	3,4 - 3,6	<0,0001	<0,0001	0,0067	0,8647
OIV, g	2054	1824	1854	2024	1824	1934	2059	29,7 - 35,0	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,9169
PVT, g	519	248	363	404	177	417	556	12,1 - 15,5	<0,0001	0,0007	<0,0001	0,3398

Vr osuus= väkirehun osuus kuiva-aineesta, ME= muuntokelpoinen energia, OIV= ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT= pötsin valkuaisosa

SEM = keskiarvon keskivirhe, 2) Käytetty korjattu ME:n saantia (MTT 2010), nd= Ei määritetty

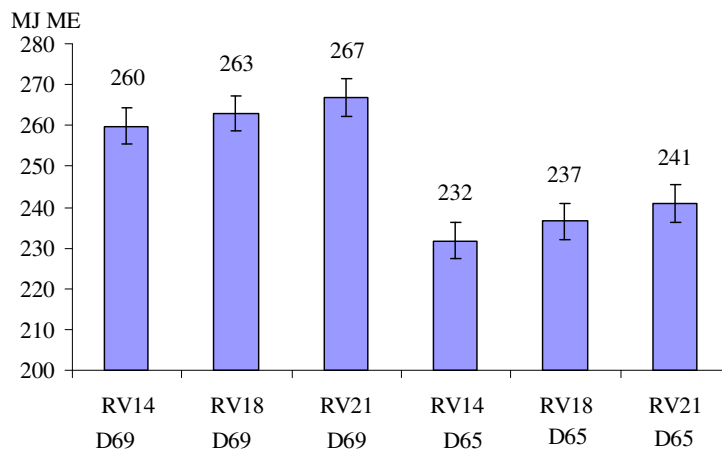
Laskelmat perustuvat *in vitro* säilörehun sulavuuksiin ja väkirehun määritettyihin arvoihin ja taulukkoarvoihin (MTT 2010)

D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti, MVR, KVR = 7,92, 10,6 kg ka väkirehua/pv vastaavasti

RV14, RV18, RV21 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 142, 183, 210 g/kg ka vastaavasti

RV<sub>L</sub> = väkirehun raakavalkuaispitoisuuden lineaarinen vaikutus, RV<sub>Q</sub> = väkirehun raakavalkuaispitoisuuden quadraattinen vaikutus

Muuntokelpoisen energian saanti väheni 7,03 MJ (korjaamaton) ( $P < 0,01$ ) ja 6,04 MJ (korjattu) ( $P < 0,001$ ) per 10 g/kg ka-muutos D-arvossa korjuuta myöhästyttäessä. Väkirehun kuiva-aineen syönnin lisääntyessä ME:n saanti lisääntyi 8,68 MJ/pv ( $P < 0,001$ ) ja korjattu ME:n saanti 7,42 MJ ( $P < 0,001$ ) lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden. Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyminen lisäsi korjaamatonta ME:n saantia 1,19 MJ ( $P < 0,01$ ) ja korjattua ME:n saantia 1,40 MJ ( $P < 0,01$ ), kun väkirehun rv-pitoisuus lisääntyi 10 g/kg ka. Erilaiset säilörehun sulavuudet eivät vaikuttaneet eri tavoin ME:n saantiin väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä (Kuvio 3). OIV:n saanti väheni 60,6 g ja PVT 71,2 g, kun säilörehun D-arvo pieneni 10 g/kg ka ( $P < 0,001$ ). Jokaista lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden OIV:n saanti lisääntyi 63,5 g ( $P < 0,001$ ). Lisäksi väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyminen lisäsi päivittäistä OIV:n saantia lineaarisesti (34,5 g/10 g/kg ka-muutos väkirehun rv-pitoisuudessa) ( $P_L < 0,001$ ). Useamman kerran poikineet lehmät saivat OIV:tä 209 g/pv enemmän kuin ensikot ( $P < 0,01$ ).



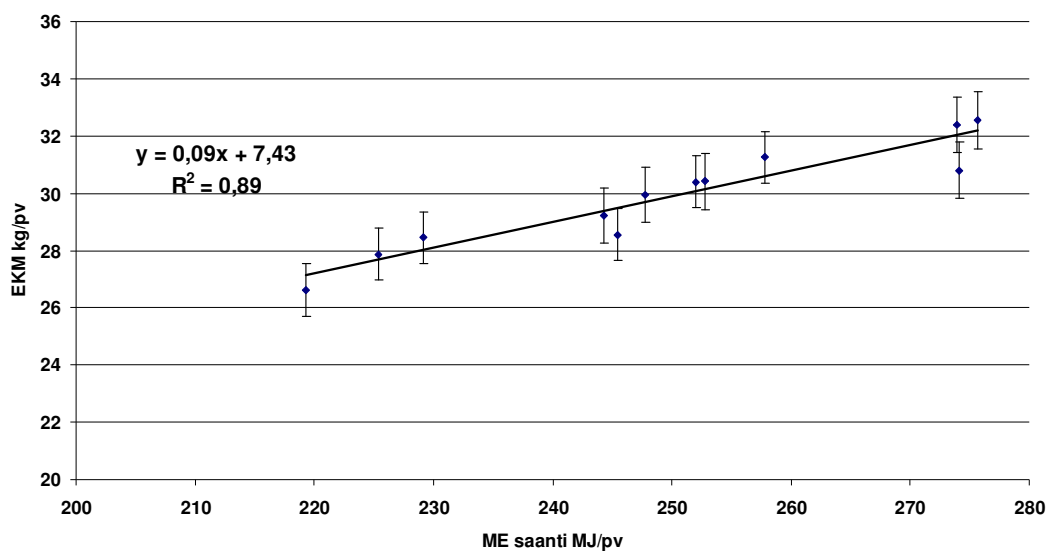
Kuvio 3. Säilörehun sulavuuden ja väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus rehusta saatavan ME:n saantiin (NS). Keskiarvojen keskivirheet (SEM) on ilmaistu virhepalkkeilla. D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti, RV14, RV18, RV21 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 142, 183, 210 g/kg ka

### 3.3 Tuotantotulokset

Taulukossa 5 on esitetty maitotuotokset ja maidon pitoisuudet. Lehmät tuottivat D69-ruokinnassa maitoa keskimäärin 30,0 kg/pv ja D65-ruokinnassa keskimäärin 28,0 kg/pv ( $P < 0,001$ ). Energiakorjattuna maitomääränä vastaavat luvut olivat 31,0 ja 28,8 kg/pv. 305 päivän tuotoksena maitomäärä on D69-säilörehua syötettäessä noin 9453 kg ja D65-säilörehua syötettäessä noin 8770 kg, jos oletetaan maitomäärän pysyvän vakiona koko lyp-

sykauden ajan. Päivittäinen maitomäärä lisääntyi 0,83 kg ja ekm-tuotos 0,76 kg, kun lehmät saivat kilon enemmän väkirehun kuiva-ainetta ( $P < 0,001$ ). Maitotuotos lisääntyi 0,27 kg ja ekm-tuotos 0,28 kg, kun väkirehun rv-valkuaispitoisuus lisääntyi 10 g/kg ka ( $P_L < 0,001$ ). Maidon energiasisältö oli pienempi, kun lehmät saivat myöhemmin korjattua säilörehua aikaisemmin korjattuun säilörehuun verrattuna (1,85 MJ/10 g/kg ka D-arvon pienenemistä kohden) ( $P < 0,001$ ) tai KVR-annoksen verrattuna MVR-annokseen (2,38 MJ lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden;  $P < 0,001$ ). Maidon energiatuotos lisääntyi 0,86 MJ/10 g väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä ( $P_L < 0,001$ ).

Kuviossa 4 on esitetty dieetin korjatun muuntokelpoisen energian saannin vaikutus energiakorjattuun maitotuotokseen. Maitotuotos lisääntyi numeroarvoisesti melko lineaarisesti ( $R^2 = 0,89$ ) ME:n saannin lisääntyessä (Energiakojattuna maitona 0,9 kg/10 MJ ME).



Kuvio 4. Korjatun (MTT 2010) muuntokelpoisen energian saannin vaikutus energiakorjattuun maitotuotokseen; säilörehun D-arvon ollessa 692 tai 654 g/kg ka, väkirehumäärän joko 7,92 tai 10,6 kg ka/pv ja väkirehun raakavalkuaispitoisuuden 142, 183 tai 210 g/kg ka. Energiakorjatun maitotuotoksen keskiarvon keskivirhe (SEM) on esitetty virhepalkkeina.



Taulukko 5 Säilörehun sulavuuden, väkirehumäärän ja väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin

	Säilörehu (SR)		Väkirehu (VR)		Raakavalkuaispitoisuus (RV)				Tilastollinen merkitsevyys a)				Yhdysvaikutukset <sup>a)</sup>	
	D69	D65	MVR	KVR	RV14	RV18	RV21	SEM min - max	SR	VR	RV <sub>L</sub>	RV <sub>Q</sub>	SR*VR	VR*RV
	Maitotuotos, kg/pv	30,0	28,0	27,9	30,1	28,0	29,3	29,8	0,60 – 0,63	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2538	0,5215
EkM, kg/pv	31,0	28,8	28,9	30,9	28,8	30,2	30,7	0,54 - 0,59	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,1162	0,3669	0,7262
Maidon energia, MJ/pv	97,3	90,3	90,6	97,0	90,4	94,7	96,3	2,59 - 2,66	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2059	0,5141	0,5376
Maidon koostumus, g/kg														
Valkuainen	34,7	34,8	34,7	34,8	34,5	34,9	34,9	0,47 - 0,49	0,2097	0,0646	<0,0001	0,2987	0,0868	0,7245
Rasva	43,2	43,0	43,5	42,7	43,4	43,0	42,9	0,81 -0,82	0,4736	0,3950	0,4074	0,9110	0,9180	0,4959
Laktoosi	45,6	44,9	45,5	45,7	45,7	45,6	45,6	0,28 - 0,30	0,0090	0,0046	0,4941	0,4647	0,0003	0,2573
Urea, mg/dl	29,0	27,4	27,4	29,0	22,5	28,9	33,2	0,65 - 0,76	0,0030	0,0115	<0,0001	0,0312	0,4413	0,0718
Maidossa, g/pv														
Valkuainen	1032	963	957	1038	951	1011	1030	24,0 - 25,2	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,080	0,0877	0,6169
Rasva	1278	1185	1198	1265	1191	1241	1262	36,3 - 38,3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3786	0,7247	0,6173
Laktoosi	1378	1271	1270	1379	1281	1333	1359	50,9 - 52,1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3019	0,9844	0,5321
Valkuais/rasva -suhde	0,81	0,82	0,81	0,83	0,80	0,82	0,82	0,011 - 0,012	0,2097	0,0958	0,1092	0,4578	0,3210	0,7974

EkM = energiakorjattu maitotuotos, SEM= keskiarvon keskivirhe

D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti, MVR, KVR = 7,92, 10,6 kg ka väkirehua/pv vastaavasti

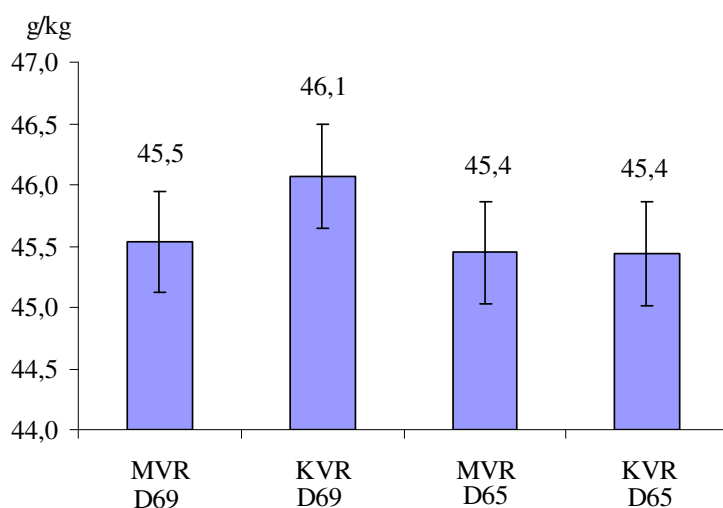
RV14, RV18, RV21 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 142, 183, 210 g/kg ka vastaavasti

RV<sub>L</sub>= väkirehun raakavalkuaispitoisuuden lineaarinen vaikutus, RV<sub>Q</sub>= väkirehun raakavalkuaispitoisuuden quadraattinen vaikutus

Yhdysvaikutukset on esitetty kuviossa 5

Väkirehun määrää lisättäessä maidon valkuaispitoisuus ei merkittävästi muuttunut (0,04 g/kg per kg ka väkirehua) ( $P < 0,10$ ). Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyminen lisäsi lineaarisesti maidon valkuaispitoisuutta, mutta erot olivat pienet (0,06 g/kg per 10 g/kg ka väkirehun raakavalkuaista) ( $P < 0,001$ ). Numeroarvoisesti maidon valkuaispitoisuus ei lisääntynyt RV18 ja RV21:n välillä. Säilörehun sulavuuden heikentyminen pienensi lehmien maidon laktoosipitoisuutta ( $P < 0,01$ ). Heikommin sulavaa säilörehua saaneiden maidon laktoosipitoisuus ei muuttunut, mutta paremmin sulavaa säilörehua saaneiden lehmien maidon laktoosipitoisuus lisääntyi väkirehua lisättäessä (yhdyksvaikutus  $SR \times VVR$   $P < 0,001$ ) (Kuvio 5). Väkirehun määrän lisääntyminen lisäsi maidon laktoosipitoisuutta 0,07 g/kg per kg lisättyä väkirehun kuiva-ainetta ( $P < 0,05$ ).

Säilörehun sulavuuden pieneneminen pienensi maidon ureapitoisuutta ( $P < 0,01$ ), vaikkakin erot olivat määrällisesti pieniä (0,42 ml/dl/10 g D-arvon pienenemistä). Maidon ureapitoisuus lisääntyi 0,59 mg/dl väkirehun kuiva-ainekiloa kohden ( $P < 0,05$ ). Lisäksi ureapitoisuus lisääntyi siirryttäessä RV14:sta RV18:een 2,37 mg/dl ja RV18:sta RV21:een 1,59 mg/dl per 10 g/kg ka väkirehun rv-pitoisuuden lisääntymistä ( $P_L < 0,001$ ,  $P_Q < 0,05$ ).



Kuvio 5. Säilörehun sulavuuden ja väkirehun määrän yhdysvaikutus maidon laktoosipitoisuuteen ( $P < 0,001$ ). Keskiarvojen keskivirheet (SEM) on ilmaistu virhepalkeilla. (D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti, MVR, KVR = 7,92, 10,6 kg ka väkirehua)

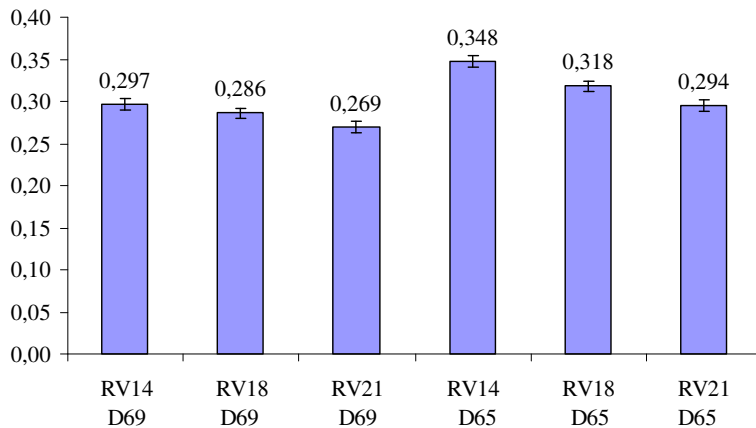
Säilörehun sulavuuden pieneneminen 10 g/kg ka pienensi päivittäistä valkuaisuutosta 18,2 g ( $P < 0,001$ ), rasvatuotosta 24,3 g ( $P < 0,001$ ) ja laktoosituotosta 28,3 g ( $P < 0,001$ ). Väkirehun määrän lisääntyminen yhden kuiva-ainekilon suurensi valkuaisuutosta 30,3 g/pv

( $P < 0,001$ ) rasvatuotosta 24,9 g/pv ( $P < 0,01$ ) ja laktoosituotosta 40,8 g/pv ( $P < 0,001$ ). Maidon valkuais/rasva -suhde oli hieman suurempi (0,81 vs. 0,82), kun käytettiin suurempaa väkirehuannosta ( $P < 0,10$ ).

Päivittäinen valkuaisuotuus lisääntyi 20,8 g ( $P_L < 0,001$ ,  $P_Q < 0,10$ ), rasvatuotos 18,6 g ( $P_L < 0,001$ ) ja laktoosituotos 20,5 g ( $P_L < 0,001$ ), kun väkirehun rv-pitoisuus lisääntyi 10 g/kg ka. Ensikoiden tai useamman kerran poikineiden lehmien maidon pitoisuuksissa tai komponenttien tuotoksissa ei ollut eroa lukuun ottamatta päivittäistä valkuaisuotantoa, mikä oli 82,3 g/pv suurempi useamman kerran poikineilla lehmillä verrattuna ensikoihin.

### 3.4 Ravintoaineiden hyväksikäyttö

Taulukossa 6 on esitetty ruokintojen vaikutus ravintoaineiden hyväksikäyttöön. Energia-korjattua maitoa tuotettiin 0,008 kg enemmän kuiva-ainekiloa kohden D-arvon lisääntyessä 10 g/kg ka ( $P < 0,05$ ). Lisäksi lisääntynyt väkirehun rv-pitoisuus lisäsi ekm-tuotosta syötyä kuiva-ainekiloa kohden ( $P_L < 0,05$ ), mutta säilörehun ja väkirehun rv-pitoisuuden välillä ei ollut yhdysvaikutusta. OIV:n kulutus tuotettua ekm-kiloa kohden väheni ( $P < 0,10$ ) ja OIV:n hyväksikäyttö maidontuotantoon tehostui ( $P < 0,001$ ), kun säilörehun D-arvo heikkeni. Vä-kirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä OIV:n hyväksikäyttö heikkeni ( $P_L < 0,001$ ,  $P_Q < 0,10$ ). Lehmien saadessa heikommin sulavaa säilörehua, typen hyväksikäyttö maidontuotantoon pieneni enemmän väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntyessä verrattuna sulavampaa säilörehua saaneisiin lehtiin (SR x RV  $P < 0,01$ ) (Kuvio 6). Valkuaisen hyväksikäyttö maidontuotantoon oli heikompi, kun lehmät saivat KVR-annoksen verrattuna MVR-annoksen saaneisiin lehtiin ( $P < 0,001$ ). Valkuaisen hyväksikäyttö heikkeni lisäksi väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä ( $P_L < 0,001$ ).



Kuvio 6 Säilörehun sulavuuden ja väkirehun raakavalkuaispitoisuuden yhdysvaikutus rehusta saatavan typen hyväksikäyttöön maidontuotannossa SR\*RV ( $P < 0,01$ ). Keskiarvojen keskivirheet (SEM) on ilmaistu virhepalkeilla. (D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti, RV14, RV18, RV21 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 142, 183, 210 g/kg ka)

Muuntokelpoisen energian tarve ekm:n tuotantoon lisääntyi väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä 0,10 MJ (korjaamaton ME) ja 0,06 MJ (korjattu ME) ( $P_L < 0,05$ ). Muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö maidontuotantoon oli 0,008 (korjaamaton ja korjattu ME) suurempi, kun säilörehun sulavuus pieneni 10 g/kg ka ( $P < 0,001$ ). Lisäksi väkirehun määrän lisääntyessä ME:n hyväksikäyttö heikkeni 0,007 (korjaamaton ja korjattu ME;  $P < 0,001$ ).

Taulukko 6 Säilörehun sulavuuden, väkirehumäärän ja väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus hyväksikäyttöön

	Säilörehu (SR)		Väkirehu (VR)		Raakavalkuaispitoisuus (RV)				Tilastollinen merkitsevyystaso <sup>a)</sup>				Yhdysvaikutukset <sup>a)</sup>	
	D69	D65	MVR	KVR	RV14	RV18	RV21	SEM min - max	SR	VR	RV <sub>L</sub>	RV <sub>Q</sub>	SR*VR	SR*RV
	EkM kg/kg ka	1,33	1,30	1,32	1,31	1,28	1,32	1,33	0,027 - 0,029	0,0260	0,3423	0,0227	0,4200	0,9373
OIV g/ekM kg	68,8	67,6	67,2	69,2	67,7	67,2	69,8	1,08 - 1,25	0,0858	0,0346	0,0942	0,144	0,7293	0,0592
OIV:n hyväksikäyttö	0,65	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,64	0,013 - 0,016	<0,0001	0,0002	0,0003	0,0865	0,9081	0,0688
Maidon N/N saanti	0,28	0,32	0,29	0,28	0,32	0,30	0,28	0,004 - 0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3460	0,6689	0,0042
ME MJ/ekM kg	8,58	8,43	8,42	8,50	8,76	8,40	8,37	0,139 - 0,159	0,1375	0,1458	0,0182	0,2097	0,7849	0,1010
ME MJ/ekM kg <sup>1)</sup>	7,98	7,78	7,83	7,84	8,01	7,81	7,80	0,148 - 0,158	0,1232	0,1416	0,019	0,1965	0,8009	0,1060
ME:n hyväksikäyttö	0,49	0,52	0,52	0,50	0,50	0,51	0,51	0,009 - 0,010	<0,0001	<0,0001	0,2419	0,2688	0,1737	0,0919
ME:n hyväksikäyttö <sup>1)</sup>	0,54	0,57	0,57	0,55	0,55	0,56	0,56	0,009 - 0,010	<0,0001	<0,0001	0,2482	0,2413	0,1913	0,0985

EkM = energiakorjattu maitotuotos, SEM = keskiarvon keskivirhe, <sup>1)</sup> Käytetty korjattua ME MJ saantia (MTT 2010)

ME = muuntokelpoinen energia, laskelmat perustuvat *in vitro* säilörehun sulavuuksiin ja väkirehun määritettyihin arvoihin ja taulukkoarvoihin

(MTT 2010), D69, D65 = säilörehun D-arvo 692, 654 g/kg ka vastaavasti, MVR, KVR = 7,92, 10,6 kg ka väkirehua/pv vastaavasti

RV14, RV18, RV21 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 142, 183, 210 g/kg ka vastaavasti

RV<sub>L</sub> = väkirehun raakavalkuaispitoisuuden lineaarinen vaikutus, RV<sub>Q</sub> = väkirehun raakavalkuaispitoisuuden quadraattinen vaikutus, Yhdysvaikutukset on esitetty kuviossa 6

## 4. Tulosten tarkastelu

### 4.1 Säilörehun rehuarvojen ja sadon määrän kehitys

#### 4.1.1 Säilörehun laatu

Sulavampi koesäilörehu (D69) vastaa Suomessa korjuuaikasuositusten mukaista (D-arvo 680 - 700 g/kg ka) ensimmäisen sadon säilörehua (Artturi®-verkkopalvelu 2011). Myöhemmin korjatun säilörehun osalta D-arvotavoite (600 g/kg ka) ei toteutunut, koska D-arvo pieneni niittojen välillä odotusarvoa 5,0 g/kg ka/pv (Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008, Kuoppala 2010, Rinne ym. 2010) hitaammin (2,76 g/kg ka/pv). Tässä kokeessa mitattu sulavuuden pieneneminen oli samaa suuruusluokkaa kuin Rinteen ym. (1997) ja Hannukkalan ym. (2009) kokeessa. Yhtä astepäivää (astepäivä= kumuloitunut lämpösumma jaettuna tarkastelujakson päivien lukumäärällä) kohden D-arvo heikkeni nyt tehdyssä kokeessa 2,6 g/kg ka. Vastaava muutos on ollut aikaisemmissa kokeissa 0,60 - 0,70 g/kg ka/°C vrk (Rinne 2000).

Nurmen sulavuuteen vaikuttavat kuidun ja sulamattoman kuidun pitoisuudet ja potentiaalisesti sulavan kuidun pitoisuus (Rinne ym. 2010). Nurmen D-arvon pienenemistä lisää lignifiotuminen, mikä lisääntyy lämpötilan ollessa korkea (Wilson ym. 1991, Buxton ja Fales 1994, Huhtanen 1998). Muita nurmen sulavuuteen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat mm. säteily sekä veden ja ravinteiden saanti (Buxton ja Falles 1994, Gustavsson ym. 2004). Korsien D-arvo pienenee nopeammin kuin lehtilavan (Rinne ym. 2000b, Huhtanen ym. 2006) ja lehdet sisältävät vähemmän kuitua kuin korret (Van Soest 1994). Nurmen kasvulot muuttavat lehti-korsisuhteita (Huhtanen ym. 2006, Buxton ja Fales 1994) ja lehtien määrä vähenee korsien ja kukintojen määrän kustannuksella kasvin vanhetessa (Rinne ym. 2000b, Gustavsson ym. 2004, Nordheim-Viken ja Volden 2009, Kuoppala 2010). Lisäksi lajit, lajikkeet ja niiden keskinäiset suhteet vaikuttavat kasvuston määrän ja laadun kehitykseen (Virkajärvi ym. 2010).

Kumulatiivinen lämpösumma selittää D-arvon heikkenemistä paremmin kuin korjuupäivä tai nurmen kemiallinen koostumus (Pulli 1980, Rinne 2000a, Rinne 2000b, Rinne ym. 2010). Rinteen ym. (2010) D-arvon kehityksen ennustemalli, mikä perustuu astepäiviin ja kasvukautta edeltävän 28 päivän lämpösummaan, ennusti D69-säilörehun (17.6.) D-arvoksi

745 g/kg ka. Tulos poikkesi huomattavasti vuonna 2008 MTT Maaningalla samaan aikaan korjatun ruutukokeen tuloksista (Hannukkala ym. 2009). Sitä vastoin myöhemmän niittoajankohdan aikaan (1.7.) malli ennusti hyvin nyt tehdyn ruokintakokeen säilörehun D-arvon, mutta ennuste poikkesi noin 5,8 g/kg ka ruutukokeesta (Hannukkala ym. 2009) saadusta D-arvosta. Kaikki nämä tekijät ovat voineet myös vaikuttaa myöhemmän niittoajankohdan (D65) D-arvon suurehkoon keskihajontaan, koska rehut tehtiin eri peltolohkoilta.

Nurmen vanhetessa ensimmäisen sadon NDF:n pitoisuus lisääntyy käyräviivaisesti (Rinne ym. 2000b, Rinne 2000, Gustavsson ym. 2004, Hannukkala ym. 2009, Nordheim-Viken ja Volden 2009), sen rakenne muuttuu ja sulavuus heikkenee (Kuoppala 2010). Nyt tehdyssä kokeessa NDF-pitoisuus lisääntyi päivittäin 2,63 g/kg ka. NDF-pitoisuuden lisääntyminen on ollut kuitenkin noin kaksi kertaa nopeampaa kuin aikaisemmissa kokeissa (Nordheim-Viken ja Volden 2009, Kuoppala 2010). Tämän kokeen suurempaa NDF-pitoisuuden lisääntymistä voi selittää NDF:n käyräviivainen lisääntyminen, jolloin yksittäiset korjuuajankohdat eivät ole verrattavissa koko ensimmäisen sadon NDF:n lisääntymiseen.

Kasvit ottavat typen kasvun alkuvaiheessa ja typen määrä laimenee kuiva-ainesadon kehityessä (Rinne 2011), jolloin nurmen rv-pitoisuus pienenee. Säilörehun rv-pitoisuus pienenee nurmen vanhetessa myös, koska lehdet sisältävät enemmän rv:ta kuin korret (Van Soest 1994, Tremblay ym. 2005). Typpilannoitus vaikuttaa säilörehun sulavuutta enemmän säilörehun rv-pitoisuuteen (Rinne 2000, Tremblay ym. 2005, Hannukkala 2009). Säilörehun rv-pitoisuus pieneni tehdyssä kokeessa niittojen välisenä aikana päivässä 21,3 g/kg ka, mikä vastaa melko hyvin Hannukkalan ym. (2009) tulosta 24,4 g/kg ka tutkimuksessa, jossa oli sama typpilannoitustaso kuin nyt tehdyssä kokeessa. Muutos oli kuitenkin hitaampi kuin Kuoppalan (2008) ja Rinteen ym. (1997, 1999) kokeissa, jossa rv-pitoisuus pieneni keskimäärin 29,0 g/kg ka päivässä.

#### 4.1.2 Säilörehusato

Peltokokeessa nurmen kuiva-ainesato lisääntyi 17.6. – 1.7.2008 välisenä aikana keskimäärin vain 17,8 kg ka/ha/pv (65,5 kg ka/10 g/kg ka D-arvon pienenemistä kohden). Kuiva-ainesato suureni lineaarisesti 387 kg ka/ha (kuvio 1), kun D-arvo pieneni 10 g/kg ka. Rinteen ym. (2010) laajassa kehikkomittausaineistossa vastaava luku oli 382 kg ka/ha. Rinteen ym. (2010) tulosten perusteella kuiva-ainesadon lisääntyminen kasvukauden edetessä on

käyräviivaista niin, että kasvukauden alussa ka-sato heikkenee hitaasti ja on säilörehun korjuuaikaan lineaarista. Käytännössä voidaan olettaa ka- ja ME-sadon lisääntyvän lineaarisesti, kun säilörehun korjuuaikaa myöhästytetään, koska äärihavainnot aineistosta eivät kuvaa realistista säilörehun korjuuaikaa. Tämän kokeen tulos kuitenkin osoittaa, ettei kasvusto kehittynyt samalla tavoin kuin useassa aikaisemmassa kokeessa. Näin ollen tämän kokeen saamia tuloksia ei voida yleistää sadon kehityksen osalta.

Tärkeimmät kuiva-ainesatoon vaikuttavat tekijät ovat keskilämpötila ja kasvupäivät sekä kevään lämpöolosuhteet. Aikaisempiin kokeisiin verrattuna pienempi kuiva-ainesadon lisääntyminen johtui todennäköisesti pellon erilaisista kasvuoloista, kuten maalajista ja säteilystä (Tremblay ym. 2005) sekä punnitustarkkuudesta. Rinteen ym. (2010) mukaan maalaji vaikuttaa nurmen kehitykseen, kun otetaan huomioon kasvupäivät ja keskilämpötila. Lisäksi nurmen kasvua ja kehitystä rajoitti todennäköisesti sateen aiheuttama kasvuston lakoisuus. Lakoontunut kasvusto lisäksi leikkaantui niitettäessä huomattavasti huonommin ja lisäsi näin ollen korjuutappioita ja lisäsi keskihajontaa koelohkojen välillä. Nurmen lakoaminen on vähentänyt muun muassa monivuotisen raiheinän kuiva-ainesatoa keskimäärin 36 % (Griffith 2000).

Sadesumma ei yllättäen ensimmäisessä sadossa vaikuttanut kasvuston kuiva-ainesadon kehitykseen Rinteen ym. (2010) aineistossa. Tulos on päinvastainen kuin Rinteen ym. (2000b) tulosten mukaan. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, ettei kuivuus ole yleistä ensimmäisen sadon aikana ja lisäksi sadesumman heikosta korrelaatiosta maan kosteuspitoisuuden kanssa. Gustavssonin ym. (2004) ja Hannukalan (2009) mukaan veden puute kuitenkin rajoittaa nurmen kuiva-ainesadon kehittymistä myös ensimmäisessä sadossa. Tässä kokeessa kuivuus ei kuitenkaan ole vaikuttanut nurmen kehitykseen, koska kesä oli sateinen. Lohkojen välisten kasvuolojen, pellon kasvutiheyden, niittokorkeuden vaihteluiden ja siitä syntyvien satovaihtelujen vuoksi peltomittakaavan kokeita ei voida täysin verrata ruutukokeista saatuihin tuloksiin, joissa vaihtelu on huomattavasti vähäisempää ja sato ja sadon laatuerot niittoa myöhästyettäessä ovat selkeämmät.

Usean (10 kpl) ruutukokeen perusteella ME-sato lisääntyy lineaarisesti, kun säilörehun sulavuus heikkenee (kuvio 2). Tämän kokeen ME-sato pieneni 36,1 MJ/pv sulavuuden pienentyessä 10 g/kg ka, mikä on ristiriidassa kuvioon 2 verrattuna, jossa vastaava ME-sato



lisääntyi 3174 MJ. Tämän kokeen tulos johtuu erittäin pienestä kuiva-ainesadon lisääntymisestä.

Ensimmäisen sadon säilörehun korjuuajankohta vaikuttaa toisen sadon määrään ja laatuun. Rinteen ja Nykäsen (2000), Rinteen ym. (2000a) sekä Sairasen (2011) mukaan pieni ja sulava ensimmäinen sato kompensoituu suurempana ja heikommin sulavana toisen sadon kuiva-aine- ja ME-sadon osuutena. Myöhään korjattu ensimmäinen sato on sitä vastoin suuri, mutta heikosti sulava ja toinen sato tällöin pieni ja sulava (Rinne ja Nykänen 2000, Kuoppala ym. 2010, Sairanen 2011). Koko kasvukauden ka- ja ME-satojen määrä lisääntyy, kun säilörehun ensimmäisen sadon korjuuta myöhästytetään (Rinne ym. 2000a, Sairanen 2011), mikä on ristiriidassa Rinteen ja Nykäsen (2000) tutkimukseen, jossa ME:n kokonaissadon määrään ei vaikuttanut ensimmäisen sadon korjuuaika. Toisen sadon syönti- ja maitotuotospotentiaali on heikompi verrattuna ensimmäiseen satoon (Kuoppala ym. 2008, Kuoppala 2010), joten tilan ei kannata tuottaa liian hyvin sulavaa ensimmäistä satoa, jos peltopinta-ala rajoittaa tuotantoa ja jos toinen sato joudutaan syöttämään lypsylehmille.

#### 4.2 Rehujen säilönnällinen laatu

Pienestä kuiva-ainepitoisuudesta huolimatta rehujen käymishappojen kokonaismäärä oli melko pieni, mikä kuvastaa rajoittunutta käymistä. Säilörehujen säilönnällinen laatu oli hyvä, koska rehun pH oli alhainen ja ammoniumtypen osuus kokonaistypestä pieni. Ainoastaan liukoisen typen osuus kokonaistypestä oli suosituksia (Artturi®-verkkopalvelu 2011) suurempi D69-säilörehussa. Liukoinen tyyppi kuvaa kuitenkin melko huonosti valkuaisen laatua. Säilörehun syönti-indeksin perusteella D65-säilörehun syöntipotentiaali oli pienempi kuin D69-säilörehu (syönti-indeksi 93,4 vs. 104), mikä johtuu pääosin D-arvon pienenemisestä, mikä on tärkein rehun syönti-indeksiin vaikuttava tekijä (Huhtanen ym. 2007).

#### 4.3 Syönti

##### 4.3.1 Säilörehun sulavuuden vaikutus syöntiin ja ravintoaineiden saantiin

Lypsylehmä pyrkii syömään geneettisen maidontuotantopotentiaalinsa mukaan (Huhtanen ym. 1998). Säilörehun sulavuuden heikentyessä syönti ja ME:n saanti kuitenkin vähenee (Rinne ym. 1999, Rinne ym. 2002, Huhtanen ym. 2007, Nousiainen ym. 2009).

Säilörehun sulavuus (D-arvo) on paras yksittäinen rehuperäinen tekijä ennustamaan säilörehun syönnin määrää (Offer ym. 1998, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2007). Säilörehun kiva-aineen syönti väheni korjuuaikojen välillä 0,42 kg jokaista 10 g/kg ka D-arvon pienenemistä kohden (= D-arvovaste), mikä vastaa hyvin Kuoppalan ym. (2008) saamia tuloksia (D-arvo 704 – 644 g/kg ka). Sitä vastoin säilörehun syönti pieneni enemmän kuin Rinteen ym. (1999), Keadyn ym. (1999), Rinteen (2000), Huhtasen ym. (2007) ja Kuoppalan ym. (2009) tutkimuksissa (taulukko 6). Keskimäärin D-arvovaste oli taulukon 6 kokeissa 0,25 kg ka. Rinteen (2000) ja Huhtasen ym. (2007) mukaan D-arvon vaikutus on lineaarinen ja Rinteen ym. (1995) tulosten perusteella lineaarinen D-arvon ollessa 639 - 740 g/kg ka. Rookin ym. (1991) mukaan syönti ei lisääntynyt D-arvon ollessa suurempi kuin 750 g/kg ka, mutta näin suuri D-arvo ei ole ollut suomalaisilla analyysimenetelmillä analysoituna realistinen (Rinne ym. 2010). Tulosten perustella ensimmäisen sadon säilörehun korjuuajankohdasta myöhästyettäessä säästetään säilörehua, koska säilörehun syönti pienenee. Tämä auttaa tiloja, joilla on vähän peltopinta-alaa ja väkirehu voidaan ostaa tilan ulkopuolelta.

Neutraalidetergenttikuidun pitoisuuden lisääntyminen nurmessa, sen sulavuuden heikkeneminen ja siitä johtuva pötsin täyteisyys ovat D-arvon lisäksi suurimmat yksittäiset säilörehun syöntiin vaikuttavat tekijät (Van Soest 1994, Huhtanen 1998, Rinne ym. 2002, Nousiainen ym. 2009, Kuoppala 2010, Kuoppala ym. 2010). Tässä kokeessa ei analysoitu pdNDF:n (potentiaalisesti sulava NDF) ja iNDF:n (sulamaton NDF) määrää, joten niiden vaikutusta syöntiin ei voitu laskea. Huhtasen ym. (2007) sekä Kuoppalan ym. (2008) tulosten perusteella NDF:n saanti lisääntyi säilörehun D-arvon heikentyessä käyräviivaisesti ja suurin NDF:n saanti saavutetaan, kun D-arvo on 640 g/kg ka, mikä on lähellä myöhemmin korjatun säilörehun D-arvoa (654 g/kg ka). Säilörehun sulavuuden heikentyminen pienensi kuitenkin suuntaa-antavasti ( $P=0,11$ ) NDF:n saantia. Sairasen (2011) kokeessa säilörehun sulavuuden pienentyessä D-arvosta 720 g/kg ka D-arvoon 620 g/kg ka vähensi se säilörehusta saatavan NDF:n pitoisuutta dietin kokonais-NDF:n pitoisuudesta. Tässä kokeessa saatu tulos johtuneee aikaisempiin kokeisiin verrattuna runsaammasta syönnin pienenemisestä D-arvon heikentyessä. Lisäksi säilörehujen NDF:n pitoisuus lisääntyy käyräviivaisesti kasvukauden edetessä (Rinne 2000, Kuoppala 2010). NDF:n pitoisuuden niukempi pieneneminen yhdessä runsaamman säilörehun syönnin vähenemisen kanssa vähentää NDF:n saantia erittäin heikosti sulavia säilörehuja syötettäessä.

Lehmän syöntipotentialiin vaikuttavat säilörehun sulavuuden heikentyessä pötsin kapasiteetin lisäksi myös säilörehun kokonaishappomäärä (=maitohappo ja VFA) (Huhtanen 1998, Huhtanen ym. 2007) ja käyräviivaisesti säilörehun kuiva-ainepitoisuuden lisääntyminen (Huhtanen ym. 2007). Nämä tekijät eivät nyt tehdyssä kokeessa kuitenkaan selitä pienempää säilörehun syöntiä heikommin sulavaa säilörehua saaneiden lehmien osalta, koska kuiva-ainepitoisuus ja kokonaishappojen määrä oli samaa suuruusluokkaa molemmissa säilörehuissa. Dieetin syöntiin vaikuttavat myös aineenvaihdunnalliset ja ympäristötekijät (Rinne 2000) sekä eläinperäiset tekijät, kuten aika poikimisesta, elopaino ja maitotuotos (Huhtanen ym. 2011). Säilörehun syönti yhtä säilörehun syönti-indeksi pistettä (SDMI) kohden lisääntyy väkirehumäärän pienentyessä ja laktaatiokauden edetessä (Huhtanen ym. 2011). Tässä kokeessa säilörehun syönnin D-arvovaste oli MVR-dieetillä 0,41 kg ka ja KVR-dieetillä 0,45 kg ka eli se ei tue käsitystä suuremmasta D-arvovasteesta, kun väkirehun määrä on pieni. Yksittäisten kokeiden (taulukko 6) tulokset voivat kuitenkin poiketa Huhtanen ym. (2007) kirjallisuusyhteenvedosta.

Taulukko 7 Syöntitulosten vertaaminen kirjallisuudesta saataviin ensimmäisen sadon säilörehuilla tehtyihin kokeisiin

Ref.	Säilörehun		Kokonais-		Väkirehu kg ka/ ekm kg	Sr väh. kg ka/pv	Syönti väh. kg ka/pv
	D-arvo g/kg ka	Väkirehu kg ka/pv	syönti kg ka/pv	Ek kg/pv			
Tämä koe (2011)	692, 654	9,26	21,7	29,0	0,32	0,42	0,46
Huhtanen ym. (2007)	<sup>2)</sup>	7,10	17,6	24,5	0,29	0,17	
Keady ym. (1999)	724, 686	8,60	19,0	21,5	0,40	0,11	0,10
Kuoppala ym. (2008)	704, 644	8,60	21,8	32,0	0,27	0,48	0,48
Kuoppala ym. (2009)	714, 673	7,10	20,9	26,1	0,27	0,29	0,27
Rinne (2000) <sup>1)</sup>	<sup>2)</sup>	6,50	16,6	22,3	0,29	0,16	0,15
Rinne ym. (1999)	707, 639	7,44	19,2	29,0	0,26	0,13	0,13
Keskiarvo		7,80	19,6	26,3	0,30	0,25	0,27

Sr väh./ syönti väh.= säilörehun-/kokonais kuiva-aineensyönnin väheneminen per 10 g/kg ka D-arvon pieneneminen. D-arvo = sulavan orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta,

1) laskennassa mukana 1. ja 2. sato, 2) meta-analyysi

Säilörehun sulavuuden heikentyessä ME:n ja ravintoaineiden saannin pieneneminen johtuu niiden pitoisuuksien pienenemisestä säilörehussa sekä syönnin vähenemisestä (Huhtanen 1998, Rinne ym. 1999, Rinteen 2000, Nousiainen ja Huhtanen 2004). Tässä kokeessa D-arvovasteen vaikutus ME:n saantiin oli 7,03 MJ/pv. Keskimäärin ME:n saanti on vähentynyt usean kokeen keskiarvona 4,26 MJ per 10 g/kg ka D-arvon pienenemistä (Huhtanen ym. 1998, Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Nousiainen ja Huhtanen 2004, Kuoppala ym.

2008), mikä voi johtua runsaammasta säilörehun syönnin pienenemisestä D-arvon pienentyessä. Orgaanisen aineen saanti lisääntyi 0,24 kg per 10 g/kg ka D-arvon muutosta kohden, mikä vastaa melko hyvin Kuoppalan ym. (2008) ja Rinteen (1999) saamia tuloksia.

Säilörehun D-arvon pieneneminen vähensi myös rv:n saantia 142 g/10 g/kg ka D-arvon lisääntymistä kohden, mikä vastaa Kuoppalan ym. (2008) tuloksia, mutta oli huomattavasti enemmän kuin Rinteen ym. (1999; 53,1 g) ja Rinteen (2000; 48,3 g) tutkimuksissa. Säilörehun valkuainen hajoaa nopeasti pötsissä (Huhtanen ym. 2008a) (pötsissä hajoavan valkuaisen osuus 0,85, MTT 2010) ja lisää pötsin PVT-pitoisuutta (Huhtanen 1998). Pötsin valkuaisase oli positiivinen sekä D69- että D65-dieetillä (519, 248 g/pv) eli pötsissä hajoavan valkuaisen määrä oli riittävä energiaan saantiin nähden mikrobivalkuaisyynteesin lähtöaineeksi (Broderick ym. 2010, Huhtanen 2010). Saatu tulos on yhdenmukainen Kuoppalan (2008) koetta, jossa säilörehun D-arvo oli 644 g/kg ka.

#### 4.3.2 Väkirehun määrän vaikutus syöntiin ja ravintoaineiden saantiin

D69-säilörehua saaneiden lehmien runsaampi säilörehunsyönti pienensi ruokinnan väkirehunosuutta kokonaiskuiva-aineensyönnistä D65-säilörehua saaneisiin lemmiin verrattuna. Ero oli pieni (0,03 yksikköä) ja keskimäärin väkirehun osuus kokonaiskuiva-aineen saannista pysyi dieetistä riippumatta alle 0,45. Korkein väkirehunosuus 0,48 oli, kun syötettiin D65-säilörehua ja runsaammin väkirehua. Tämä tukee teoriaa, jonka mukaan hyvin huonosti sulavia säilörehuja syötettäessä väkirehun osuus voi olla liian korkea eläimen terveyden kannalta. Tässä kokeessa ruokinnan ja eläinten terveyden kannalta väkirehun osuus ei oletettavasti aiheuttanut ongelmia ja myös säilörehun NDF:n saannin osuus pysyi suositusten (0,25 kokonaiskuiva-aineensyönnistä; Beuchemin ja Rode 1997, Oba ja Allen 1999, Huhtanen 2003) mukaisena (karkearehun NDF D69 x KVR= 0,31 ja D65 x KVR= 0,32 kokonaiskuiva-aineen syönnistä). Sairasen (2011) mukaan erittäin heikosti sulavaa säilörehua (D-arvo  $\leq$  620 g/kg ka) saaneiden lehmien säilörehun NDF:n saanti voi kuitenkin olla lähellä suositusten alarajaa. Tämä johtuu säilörehun syönnin vähenemisestä, kun lemmät saavat heikosti sulavaa säilörehua, jota säilörehun NDF:n pitoisuuden lisääntyminen ei pystynyt kompensoimaan. Kuitenkin riittävän NDF:n saannin määrittämiseksi pitäisi tehdä pidempiaikaisia kokeita, koska aikaisemmat kokeet perustuvat lyhyen aikavälin tarkasteluun.

Väkirehun määrän lisääminen vähentää yleensä säilörehun syöntiä, mutta lisää kokonaiskuiva-aineen syöntiä (Rinne ym. 1995, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2011). Keskimäärin korvaussuhde (määrä, jonka yksi väkirehun kuiva-ainekilo vähentää säilörehun kuiva-ainesyöntiä) on ollut 0,41 kg/kg ka (Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2004, Huhtanen ym. 2008b, Kuoppala ym. 2008). Nyt tehdyssä kokeessa väkirehun ja säilörehun syönnin korvaussuhde oli 0,49 kg ka, mikä vastaa aikaisemmissa kokeissa saatuja tuloksia.

Väkirehun vaikutus säilörehun syöntiin on kuitenkin vahvasti käyräviivainen eli säilörehun syönti pienenee väkirehun määrää lisättäessä. Lisäksi korvaussuhde on ollut suurempi maitotuotoksen ja elopainon lisääntyessä (Huhtanen ym. 2007). Korvaussuhde on aikaisemman käsityksen mukaan ollut hyvin sulavia säilörehuja syötettäessä suurempi kuin heikosti sulavan D-arvon säilörehudieetillä (Thomas 1987, Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2008b, Kuoppala ym. 2008). Tässä kokeessa vastaavaa yhdysvaikutusta ei esiintynyt ja säilörehusyönnin korvaussuhde oli sama riippumatta säilörehun D-arvosta. D-arvosta riippumattomia korvaussuhteita ovat raportoineet myös Aston ym. (1994a), Rinne ym. (1995) ja Huhtanen ym. (1998). Säilörehun D-arvon korvaussuhdetta enemmän siten vaikuttaa säilörehun syönti-indeksi. Korvaussuhde pienentää kuitenkin säilörehun korjuuseen tarvittavaa peltopinta-alaa, koska väkirehun määrää joudutaan lisäämään samaan maitotuotostasoon pyrittäessä sulavaan säilörehuun verrattuna.

Lisätty väkirehun kuiva-ainekilo lisäsi korjaamatonta ME:n saantia 8,58 MJ (korjattuna ME:nä 7,14 MJ), mikä on hieman enemmän kuin aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa se on ollut keskimäärin 6,67 MJ ME (Aston ym. 1994a, Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Tässä kokeessa väkirehun lisäys lisäsi ME:n saantia saman verran säilörehun sulavuudesta riippumatta, mikä on yhdenmukainen aikaisempien tutkimusten kanssa (Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Astonin ym. (1994a) kokeessa sulavampaa säilörehua saaneiden lehmien ME:n saanti lisääntyi enemmän kuin heikommin sulavaa säilörehua saaneiden lehmien.

#### 4.3.3 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus syöntiin

Kokeen väkirehujen komponentit muuttuivat eri väkirehujen rv-pitoisuuksien välillä, mikä voi vaikuttaa tuloksiin, jossa verrataan vain väkirehun rv-pitoisuutta. Tässä tutkimuksessa

säilörehun syönti lisääntyi lineaarisesti väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä eli myös suurimmasta (RV21) väkirehun valkuaispitoisuudesta oli hyötyä. Saatu tulos on ristiriidassa Huhtasen ym. (1998) yhteenvedon kanssa, jonka mukaan syönti lisääntyy käyräviivaisesti, kun väkirehun rv-pitoisuus on yli 170 g/kg ka. Syönnin lisäys oli nyt tehdyssä kokeessa lineaarinen (0,12 kg ka per 10 g/kg ka väkirehun rv-pitoisuudessa). Luku oli hieman pienempi kuin vastaava luku aikaisemmissa kokeissa, joissa se oli keskimäärin 0,18 kg ka väkirehutason ollessa samaa suuruusluokkaa kuin nyt tehdyssä kokeessa (Aston ym. 1994b, Huhtanen 1998, Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2008b). Säilörehun syönnin lisääntyminen oli sama säilörehun sulavuudesta riippumatta väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä, mikä on yhdenmukainen Huhtasen ym. (2008) ja Sairasen (2011) tulosten kanssa. Syönnin lisääntyminen väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä on johtunut koko dieetin sulavuuden lisääntymisestä (Nousiainen ym. 2009), vaikkakin joskus sulavuus on lisääntynyt vähän (Oldham 1984) tai sillä ei ole ollut vaikutusta ollenkaan (Shingfield ym. 2003, Khalili 2005). Väkirehun rv-pitoisuuden lisääminen parantaa myös ME:n ja aminohappojen tasapainoa, mikä lisää myös säilörehun syöntiä (Huhtanen ym. 2008b).

Valkuaisen saanti lisääntyi lineaarisesti 142 g per 10 g/kg ka lisäys väkirehun rv-pitoisuudessa, mikä johtuu väkirehun rv-pitoisuuden lisääntymisen lisäksi säilörehun syönnin lisääntymisestä (Aston ym. 1994b, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2004). Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyminen lisäsi myös OIV:n saantia lineaarisesti (34,6 g per 10 g/kg ka väkirehun rv-pitoisuudessa), mikä vastaa hyvin Rinteen ym. (1999), Rinteen (2000) ja Khalilin ym. (2005) saamia tuloksia, mutta on noin kaksi kertaa enemmän kuin Kuoppalan ym. (2004) tutkimuksessa. OIV-tase oli laskennallisesti riittävä, kun lehmät saivat D65-säilörehua ja RV14-väkirehua. Pötsin valkuaisvaste lisääntyi RV14:n ja RV18:n välillä 58,5 g/pv ja RV18:n ja RV21:n välillä 51,9 g/pv per 10 g/kg ka lisäys väkirehun rv-pitoisuudessa. Valkuaisvaste oli ensin lineaarinen muuttuen käyräviivaiseksi valkuaisvaste lisättäessä, kuten Rinteen ym. (1999) kokeessa. Khalilin ym. (2005) mukaan väkirehun valkuaisen vaikutus PVT:seen on sitä vastoin lineaarinen. Pötsin valkuaisvaste on riittävä pötsimikrobien kannalta, kun maidon ureapitoisuuden on  $\geq 17$  mg/dl (Huhtanen 2010), laskennallinen PVT on positiivinen tai, kun dieetin rv-pitoisuus on 147 g/kg ka (Broderick ym. 2010). Nämä arvot toteutuivat myös D65-säilörehua, MVR x RV14-väkirehua syötettäessä.

Wáthenin (2008) korjuuaikojen kannattavuutta vertailevat talouslaskelmat ovat oletaneet, että säilörehun D-arvon pienenemistä voidaan kompensoida, kun väkirehun rv-pitoisuutta lisätään. Tiedot perustuvat tietoon, että syönti pienenee lineaarisesti, kun säilörehun sulavuus pienenee, mutta heikosti sulaviin säilörehuihin perustuvia ruokintakokeita ei kuitenkaan ole tämän aineiston perustana. Tämän tutkimuksen mukaan lisääntyneestä säilörehun syönnistä johtuva ME:n saanti (korjaamaton) lisääntyi 8,0 MJ, kun väkirehun rv-pitoisuus lisääntyi RV14:stä RV21:een. Energian saannin suhteen väkirehumäärän lisääminen on huomattavasti tehokkaampaa (8,58 MJ/kg ka väkirehua) kuin valkuaispitoisuuden lisääminen.

#### 4.4. Maitotuotos

##### 4.4.1 Säilörehun sulavuuden vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin

Tämän lopputyön kokeiden suunnittelussa oli tavoitteena tuottaa säilörehua, jonka sulavuus on lähellä D-arvoa 600 g/kg ka. Poikkeuksellisen hitaasta D-arvon pienenemisestä johtuen tähän tavoitteeseen ei päästy, vaan säilörehun D-arvo oli 654 g/kg ka. Suurin mielenkiinto säilörehujen korjuuajan suhteen on D-arvoltaan heikosti sulavat säilörehut (D-arvo alle 650 g/kg ka), joiden maitotuotosvastetta on tutkittu vähän (Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008).

Muuntokelpoisen energian saanti ja D-arvo korreloivat hyvin maitotuotoksen kanssa (Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008, Kuoppala 2010). Nyt tehdyssä kokeessa ekm-tuotos lisääntyi 0,80 kg per 10 MJ ME säilörehun sulavuuden lisääntyessä, mikä on yhdenmukainen useimpiin aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna (Heikkilä ym. 1998, Huhtanen 1998, Khalili ym. 2005, Nousiainen ja Huhtanen 2004, Kuoppala ym. 2008), mutta mikä on huomattavasti vähemmän kuin Kuoppalan ym. (2004) kokeessa (0,17 kg). Nyt tehdyssä kokeessa säilörehun D-arvon lisääntyessä 10 g/kg ka maitotuotos lisääntyi 0,55 kg ja ekm-tuotos 0,59 kg. Aikaisemmissa kokeissa vastaavat luvut ovat olleet keskimäärin 0,34 kg ja 0,47 kg (Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008), mitkä vastaavat keskimäärin kahta päivää säilörehun korjuun myöhästyttämisessä.

Maidon rasva- ja valkuaispitoisuudet eivät muuttuneet säilörehun sulavuuden heikentyessä, mikä on yhdenmukainen Rinteen ym. (1999) tulosten kanssa. Huhtasen ja Nousiaisen

(2004) mukaan energian saannin pieneneminen on selittänyt laajasta koe-aineistosta jopa 70 % valkuaispitoisuuden vaihtelusta säilörehun sulavuuden muuttuessa. Maidon valkuaispitoisuus on pienentynyt 0,025 g/10 MJ ME vähenemistä (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Tässä kokeessa pitoisuudet eivät pienentyneet, mitä tukevat laskelmat positiivisesta energiataseesta myös D65 x MVR-dieetillä. Aikaisemmissa kokeissa rasvapitoisuus on kuitenkin pienentynyt keskimäärin 0,29 g/kg per 10 g/kg ka säilörehun D-arvon pienenemistä (Rinne 2000, Nousiainen ja Huhtanen 2004, Kuoppala ym. 2008), mikä johtuu energian saannin vähenemisestä (Huhtanen ja Nousiainen 2004). Valkuaispitoisuus sitä vastoin pieneni keskimäärin 0,13 g/kg ka (Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008).

Käytännössä aikaisemmissa kokeissa maidon valkuaispitoisuutta on saatu muutettua vain vähän, kun säilörehun D-arvoa on muutettu eli suurin merkitys maidon valkuais- ja rasvatuotoksen lisäämiseksi on maitotuotoksen muuttuminen säilörehun D-arvon ja energiansaannin lisääntyessä. Lisäksi osa valkuaisen määrän lisääntymistä on ollut urean määrän lisääntymistä (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Tässä kokeessa päivittäinen maidon valkuaisuutuus väheni 18,2 g, kun säilörehun sulavuus heikkeni 10 g/kg ka, mikä on yhdenmukainen Rinteen ym. (1999) ja Kuoppalan ym. (2008) tulosten kanssa, mutta oli 7,2 g enemmän kuin Rinteen (2000) sekä Nousiaisen ja Huhtasen (2004) mukaan. Rinteen ym. (1999) kokeessa (D-arvo 739 – 639 g/kg ka) D-arvon vaikutus oli ensin lineaarista, jonka jälkeen valkuaisuutuus heikkeni käyräviivaisesti, kun sulavuus heikkeni D-arvoon 639 g/kg ka, mikä johtuu sekä maitotuotoksen että maidon valkuaispitoisuuden käyräviivaisesta pienenemisestä. Nyt tehdyssä kokeessa maidon rasvatuotos pieneni päivittäin 24,5 g per 10 g/kg ka säilörehun sulavuuden heikkenemistä, mikä on samansuuntainen kuin Rinteen ym. (1999) ja Kuoppalan ym. (2008) tulokset, mutta on noin kaksi kertaa enemmän kuin Rinteen (2000) ja Nousiaisen ja Huhtasen (2004) mukaan. Rinteen ym. (1999) kokeessa D-arvon vaikutus oli ensin lineaarista, jonka jälkeen rasvatuotos heikkeni käyräviivaisesti kuten maitotuotoskin.

#### 4.4.2 Väkirehun määrän vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin

Maitotuotos lisääntyi 0,83 kg ja ekm-tuotos 0,76 kg, kun väkirehun saanti lisääntyi yhden kuiva-ainekilon. Aikaisemmissa tutkimuksissa vastaavat arvot ovat olleet 0,63 kg ja 0,61 kg (Rinne ym. 1997, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Väkirehun tuotantovaikutus pienenee, kun väkirehun syönti lisääntyy (Aston ym. 1994a, Huhtanen 1998,



Rinne 2000) ja tuotosvasteet ovat olleet suhteellisen pieniä, kun väkirehun määrä on ollut yli 10 kg ka (Huhtanen 1998, Sairanen 2011). Suurin maitotuotosvaste (1,0 maito kg, 0,9 ekm kg) saatiin Kuoppalan ym. (2008) kokeessa, kun D-arvo oli 644 g/kg ka ja väkirehun kuiva-ainemäärää lisättiin 6,90 kg:sta 10,3 kg:aan. Rinteen (2000) ja Sairasen (2011) tulosten mukaan ekm-vaste väkirehua lisättäessä suureni säilörehun sulavuuden heikentyessä. Rinteen (2000) yhteenvedossa ekm-tuotosero oli 2,5 kg väkirehun kuiva-ainemäärän lisääntyessä 5 kg:sta 11 kg:aan D-arvojen ollessa 750 ja 650 g/kg ka. Nyt tehdyssä kokeessa säilörehun sulavuus ei kuitenkaan vaikuttanut väkirehuvasteeseen, mikä ehkä saattaa liittyä siihen, että lehmät olivat keskilaktaatiokaudella ja aikaisemmat kokeet on tehty yleensä alkulaktaatiokaudella. D-arvon pienenemistä (38 g/kg ka) voitiin korvata, kun lisättiin di- eettiin 3,7 kg ka väkirehua. Näin ollen maitotuotos per hehtaari säilörehua lisääntyy jos väkirehu voidaan ostaa tilan ulkopuolelta. Tämä voi helpottaa tiloja joiden peltohehtaarit eivät riitä säilörehun tuotantoon.

Väkirehun määrän lisääntyminen ei vaikuttanut nyt tehdyssä kokeessa maidon valkuaispitoisuuden merkitsevästi ( $P < 0,10$ ), vaikkakin numeroarvoisesti KVR-dieetillä olleiden lehmien maidon valkuaispitoisuus oli 0,10 g/kg suurempi kuin MVR-dieetillä. Tulos on yhdenmukainen Mäntysaaren ym. (2008) kokeen kanssa, jossa maidon valkuaispitoisuus oli numeroarvoisesti hiukan suurempi, kun väkirehun määrä lisääntyi. Aiemmissä kokeissa valkuaispitoisuus kuitenkin on lisääntynyt keskimäärin 0,63 g/kg per lisätty väkirehun kuiva-ainekilo (Rinne ym. 1997, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Kokkonen 2005, Kuoppala ym. 2008). Aikaisempien kokeiden tulosten mukaan maidon valkuaispitoisuus lisääntyy, kun eläimen energiatase paranee väkirehun lisääntymisen seurauksena (Rinne 2000). Valkuaistuotos lisääntyi päivittäin yhtä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden tässä kokeessa 30,3 g. Vastaava vaikutus on ollut aikaisemmissä kokeissa samaa suuruusluokkaa eli keskimäärin 27,7 g (Rinne ym. 1997, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Kokkonen 2005, Kuoppala ym. 2008). Tässä kokeessa havaittiin suuntaa-antava yhdysvaikutus säilörehun sulavuuden ja väkirehumäärän välillä valkuaispitoisuuden lisääntyessä 0,12 g/kg enemmän D65-säilörehua syötettäessä. Rinteen (2000) mukaan valkuaisuotostavaste on parempi heikommin sulavaa säilörehua syötettäessä verrattuna paremmin sulavaa säilörehua saaneisiin lehtiin. Tämä perustuu väkirehun parempaan maitotuotospotentiaaliin heikommin sulavaa säilörehua syötettäessä.

Maidon laktoosipitoisuus on usein maidossa suhteellisen vakio (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Laktoosipitoisuus lisääntyi lisättyä väkirehun kuiva-ainekiloa kohden, mutta muutos oli pieni (0,07 g/ kg ka). Rasvapitoisuus väheni väkirehun kuiva-ainekiloa kohden nyt tehdyssä kokeessa saman verran kuin aikaisemmissa kokeissa (0,33 vs. 0,38 g/kg) (Rinne ym. 1997, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Vaikutukset maidon rasvapitoisuuden ovat usein yhteydessä väkirehun tärkkelyspitoisuuteen ja pötsikäymisen muutoksiin (Huhtanen ja Rinne 2007) ja energian saantiin. Rasvatuotos sitä vastoin lisääntyi 24,9 g/kg ka väkirehua. Vastaava luku on ollut aiemmissa tutkimuksissa keskimäärin 17,5 g/kg ka väkirehua (Rinne ym. 1997, Huhtanen 1998, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Suurempi rasvatuotos johtuu lähinnä suuremmasta maitotuotosvasteesta väkirehun kuiva-ainekiloa kohden verrattuna aikaisempiin kokeisiin.

#### 4.4.3 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin

Maitotuotos lisääntyi lineaarisesti 0,27 kg ja ekm-tuotos lineaarisesti 0,26 kg per 10 g/kg ka lisäys väkirehun rv-pitoisuudessa. Aikaisemmissa kokeissa maitotuotos on lisääntynyt keskimäärin 0,29 kg (Aston ym. 1998, Rinne 2000, Khalili ym. 2005). Energiakorjattu maitotuotos sitä vastoin lisääntyi keskimäärin 0,36 kg (Rinne 2000, Khalili ym. 2005). Maitotuotosvaste on ollut Huhtasen (1998) mukaan 43,1 g per 10 g/kg ka väkirehun rv-pitoisuudessa. Tuloksiin voi vaikuttaa väkirehun aminohappokoostumus. Lisäksi tässä kokeessa muuttuivat väkirehun rv-pitoisuuden lisäksi osittain myös väkirehun komponenttien suhteet ja määrät. Aikaisempien tutkimusten mukaan väkirehun rv-pitoisuuden maitotuotosvaste on ollut samanlainen säilörehun sulavuudesta riippumatta (Rinne ym. 1999, Rinne 2000). Väkirehun rv-pitoisuudella ja säilörehun sulavuudella ei ollut myöskään tässä kokeessa yhdysvaikutusta. Numeroarvoisesti D65-säilörehua syötettäessä vaste oli 6,58 g pienempi verrattuna D69-säilörehuun väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä 10 g/kg ka. Tulosten perusteella matalaa D-arvoa ei voi kompensoida väkirehun rv-pitoisuuden lisäämisellä.

Maidon valkuaispitoisuutta on yritetty muuttaa eniten väkirehun valkuaisen määrää ja koostumusta muuttamalla. Energiansaanti on kuitenkin tärkein valkuaispitoisuuteen vaikuttava tekijä. Jos eläimen energiatase on negatiivinen, eläin käyttää ylimääräisen valkuaisen energiatuotantoonsa. Nyt tehdyssä kokeessa energiatase ei kuitenkaan ollut rajoittava teki-

jä. Valkuaisen laatu on myös vaikuttanut maidon valkuaispitoisuuteen, joten pelkästään aminohappojen saanti ei riitä maitovalkuaisen tuotantoon (Metcalf ym. 1994). Maidon valkuaispitoisuus lisääntyy väkirehun rv-pitoisuutta lisättäessä (Huhtanen 1998, Metcalf ym. 1994, Nousiainen ja Huhtanen 2004). Huhtanen (1998) mukaan vaste on ollut 1,7 g jokaista kymmentä väkirehun rv-grammaa kohden. Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä 10 g/kg ka lisääntyi nyt tehdyssä kokeessa maidon valkuaispitoisuus 0,064 g/kg lineaarisesti ja valkuaisuus 11,7 g ( $P_L < 0,001$ ,  $P_Q < 0,10$ ). Saadut tulokset vastaavat hyvin Astonin ym. (1998) ja Khalilin ym. (2005) tuloksia.

Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyminen on hieman pienentänyt maidon rasvapitoisuutta (0,3 g/kg/10 g OIV:n lisääntymistä; Nousiainen ja Huhtanen 2004), mutta tämän kokeessa rasvapitoisuus ei muuttunut. Maidon ureapitoisuus sitä vastoin lisääntyi vähän (1,57 mg/dl) ( $P_L < 0,001$ ,  $P_Q < 0,05$ ) väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä 10 g/kg ka. Tulos on linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa, joissa ureapitoisuus on keskimäärin lisääntynyt 1,8 mg/dl (Aston ym. 1998, Huhtanen 1998, Khalili ym. 2005).

#### 4.5 Ravintoaineiden hyväksikäyttö maidontuotantoon

##### 4.5.1 OIV:n ja typen hyväksikäyttö

Säilörehun korjuuaika on tärkeimpiä ravintoaineiden hyväksikäyttöön vaikuttavia tekijöitä (Kuoppala ym. 2008, Vanhatalo ym. 2009). Keskimäärin nyt tehdyn kokeen OIV:n hyväksikäyttö oli samaa suuruusluokkaa (0,66) kuin keskimäärin aikaisemmissa kokeissa (0,65) (Rinne ym. 1997, Rinne ym. 1999, Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008). Säilörehun sulavuuden heikentyessä OIV:n hyväksikäyttö lisääntyi (0,65 ja 0,67). Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyminen vaikutti numeroarvoisesti OIV:n hyväksikäyttöön vasta, kun väkirehun rv-pitoisuutta lisättiin RV18:sta RV21:een, jolloin hyväksikäyttö heikkeni 3 %. Tässä kokeessa OIV-tase oli positiivinen, kun lehmät saivat D65-säilörehua ja RV14-väkirehua eli OIV rajoittanut tuotosta. Näin ollen D65-säilörehua ja RV14-väkirehua saaneiden lehmien OIV:n saanti oli pienin ja OIV:n hyväksikäyttö oli tehokkain verrattuna muihin dieetteihin. Dieetin rv-pitoisuus ja PVT on suurimmat typen hyväksikäyttöön vaikuttavat tekijät (Huhtanen ym. 2008a). Säilörehudieetin suhteellisen huonoon typen hyväksikäyttöön on liitetty säilörehun suuri typen määrä ja käymishapot, jotka hajoavat pötsissä, mutta pötsimikrobit pystyvät käyttämään niitä hyväksi vain vähän tai ei ollenkaan (Huhtanen ja Shiqfield

2005). Kuitenkaan hiilihydraatteja, tärkkelystä tai väkirehua lisättäessä typen hyväksikäyttö ei ole juurikaan parantunut etenäkään jos väkirehun rv-pitoisuus on ollut korkea (Huhtanen ym. 2008a). Typen hyväksikäyttö paranee säilörehun korjuuta myöhästyttäessä (Rinne ym. 1997, Kuoppala ym. 2008, Vanhatalo ym. 2009, Kuoppala 2010). Tässä kokeessa typen hyväksikäyttö (osuus rehutypestä, joka siirtyy maidon typeksi g/kg) maidontuotantoon parani 10,5 g jokaista 10 g/kg ka säilörehun D-arvon heikkenemistä kohden, mikä vastaa hyvin aikaisempia kokeita (Rinne 1999, Huhtanen ym. 2008a, Kuoppala ym. 2008, Vanhatalo ym. 2009). Toisaalta myös säilörehun rv-pitoisuuden väheneminen D-arvon heikentyessä on voinut parantaa typen hyväksikäyttöä (Nousiainen 2004). Nyt tehdyssä kokeessa säilörehun D-arvon pienentyessä (654 – 692 g/kg ka) säilörehun rv-pitoisuus pieneni 29,8 g/kg ka.

Typen hyväksikäyttö heikkenee väkirehun määrää (Rinne ym. 1997, Kuoppala ym. 2008, Vanhatalo ym. 2009, Kuoppala 2010) sekä dieetin valkuaispitoisuutta lisättäessä (Aston ym. 1998, Nousiainen 2004, Huhtanen ja Shingfield 2005, Kuoppala 2010). Rehutypen siirtyminen maidon typeksi väheni jokaista väkirehun kuiva-ainekiloa kohden 3,7 g/kg, mikä oli Huhtasen ym. (2008a) yhteenvedossa 0,10 g/kg (väkirehun rv-pitoisuus 150 – 220 g/kg ka). Huhtasen ym. (2008a) mukaan väkirehun määrän vaikutus riippuu väkirehun rv-pitoisuudesta siten, että väkirehun rv-pitoisuuden ollessa alle 150 g/kg ka typen hyväksikäyttö parani väkirehun kuiva-ainekiloa kohden 3,8 g/kg ja rv-pitoisuuden ollessa >220 g/kg ka hyväksikäyttö heikkeni 3,7 g/kg. Tässä kokeessa ei kuitenkaan havaittu yhdysvaikutusta typen hyväksikäytössä väkirehun määrän ja rv-pitoisuuden välillä.

Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä 10 g/kg ka typen hyväksikäyttö sitä vastoin heikkeni lineaarisesti 5,88 g/pv, mikä oli Huhtasen ym. (2008a) mukaan ainoastaan 1,25 g/pv. Tulosten perusteella typen hyväksikäyttöä voidaan parantaa tehokkaimmin säilörehun korjuu-aikaa myöhästyttämällä ja väkirehun rv-pitoisuutta vähentämällä.

#### 4.5.2 Muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö

Muuntokelpoisen energian (korjaamaton) käyttö per ekm lisääntyi 0,79 MJ jokaista 10 g/kg ka D-arvon pienemistä kohden, mikä on huomattavasti pienempi kuin Rinteen ym. (1999) ja Kuoppalan ym. (2008) tuloksia. Parantunut ME:n hyväksikäyttö johtui Kuoppalan (2010) mukaan orgaanisen aineen ja potentiaalisesti sulavan NDF:n sulavuuden heik-

kenemisestä. Väkirehun määrää lisättäessä ME:n hyväksikäyttö heikkeni 7,46 MJ per kg ka, mikä on samansuuntainen kuin Rinteen ym. (1999) ja Kuoppalan (2008) tulokset. D65-säilörehua ja KVR-annoksen saaneiden lehmien ja D69-rehua ja MVR-annoksen saaneiden lehmien ME:n hyväksikäyttö oli samanlainen. Näin ollen ME:n hyväksikäyttöä voidaan parantaa väkirehutasoa pienentämällä tai säilörehun korjuuaikaa myöhästyttämällä.

## 5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän maisterintutkielman tavoitteena oli tutkia aikaisin ja erittäin myöhään korjatun ensimmäisen sadon säilörehun, kahden erilaisen väkirehutason ja kolmen erilaisen väkirehun rv-tason vaikutuksia rehun syöntiin, maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin sekä ravintoaineiden hyväksikäyttöön maidontuotantokauden keskivaiheessa. Tavoitteista poiketen erittäin myöhään korjattu säilörehu oli korjuuaikaan nähden sulava. Lisäksi pyrittiin selvittämään, paljonko väkirehua tarvitaan kompensoimaan myöhään korjatun säilörehun D-arvoa. Tavoitteena oli tutkia voiko heikkoa säilörehun sulavuutta kompensoida väkirehun rv-pitoisuutta lisäämällä, eli onko väkirehun rv-pitoisuuden ja säilörehun D-arvon välillä yhdysvaikutusta. Lisäksi pohdittiin säilörehun sadonmuodostusta.

Kokeessa oli kaksi ensimmäisen sadon säilörehua (D-arvo 692 ja 654 g/kg ka), kaksi eri väkirehutasoa (MVR= 9 ja KVR= 12 kg) sekä kolme eri väkirehun valkuaistasoa (142, 180, 210 g/kg ka). Säilörehun D-arvon pieneneminen lisäsi tässä kokeessa ennakko oletuksista poiketen vain hiukan säilörehun kuiva-ainesatoa. Samalla muuntokelpoisenenergiansato pieneni, koska muuntokelpoisenenergian pitoisuus pieneni korjuuta myöhästyttäessä. Säilörehun D-arvo pieneni vain 2,76 g/kg ka päivässä ja 0,26 g/kg ka/astepäivässä. Neutraalidetergenttikuidunpitoisuus säilörehussa lisääntyi ja raakavalkuaispitoisuus väheni rehun korjuuta myöhästyttäessä. Säilörehun säilöntälaatuun korjuuajalla ei ollut merkittävää vaikutusta ja rehut olivat hyvin säilyneitä.

Säilörehun syönti väheni 0,42 kg kuiva-ainetta ja energiansaanti väheni 7,03 MJ ME, kun säilörehun D-arvo pieneni 10 g/kg ka. Säilörehun sulavuuden heikentyminen pienensi suuntaa-antavasti kuidun saantia. Vastaavasti säilörehun sulavuuden heikkeneminen vähensi maitotuotosta 0,55 kg ja energiakorjattua maitotuotosta 0,59 kg. Säilörehun sulavuuden heikentyessä maidon rasva- ja valkuaispitoisuudet eivät muuttuneet, mutta urea ja laktoosipitoisuudet pienenevät. Lisäksi valkuais-, rasva- ja laktoosituotokset pienenevät.

Väkirehun määrän lisääminen pienensi säilörehun kuiva-aineen syöntiä säilörehun sulavuudesta riippumatta 0,49 kg ja lisäsi 0,63 kg kokonaiskuiva-aineensyöntiä per väkirehun kuiva-ainekilo. Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyminen lisäsi säilörehun syöntiä lineaarisesti 0,12 kg ka/10 g/kg ka väkirehun rv-pitoisuudessa. Maitotuotos ja energiakorjattu maitotuotos lisääntyivät 0,83 ja 0,76 kg per väkirehun kuiva-ainekilo säilörehun sulavuudesta riippumatta. Lisäksi maidon valkuais-, rasva- ja laktoosituotokset lisääntyivät. Säilörehun heikompi sulavuus D69:n ja D65 välillä kompensoitiin lisäämällä 3,7 kg ka väkirehua. D-arvo ei vaikuttanut ennako-oletuksista poiketen väkirehuvasteeseen.

Säilörehun syönti lisääntyi lineaarisesti 0,26 kg/10 g väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntymistä kohden. Säilörehun syönnin lisääntyminen oli sama säilörehun sulavuudesta riippumatta väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntyessä. Väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntymisessä sekä OIV:n että valkuaisen saanti lisääntyi, mutta laskennallisesti myös heikosti sulava säilörehu ja pienin valkuaispitoisuus oli riittävä. Heikosti sulavaa säilörehua syötettäessä säilörehun energia on maitotuotosta rajoittava tekijä ja valkuaisen määrän lisääminen lisää vain vähän energiaa väkirehun määrän lisäämiseen nähden.

Typen hyväksikäyttö parani väkirehun valkuaispitoisuutta ja väkirehun määrää vähennettäessä ja säilörehun sulavuuden pienentyessä. Muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö sitä vastoin tehostui, kun väkirehun määrä väheni ja säilörehun sulavuus pieneni.

Sääriski pienenee ja säilörehun yhteiskorjuukoneiden mahdollisuus paranee, kun säilörehun korjuu voidaan tehdä nykyistä korjuuajakaudesta joustavammin. Tutkimuksen mukaan väkirehun määrän lisääminen kompensoi sulavuuden pienenemistä ainakin D-arvoon 654 g/kg ka asti, kun vuosittainen ekm-tuotostavoite on noin 9000 kg. Säilörehun korjuuseen tarvittava peltopinta-alantarve lisäksi pienenee, koska heikommin sulavaa säilörehua syödään vähemmän kuin hyvin sulavaa säilörehua. Säilörehun sulavuuden heikkenemistä ei tässä tapauksessa voitu korvata väkirehun valkuaispitoisuutta lisäämällä. Tämän kokeen erittäin myöhään korjatun nurmisäilörehun sulavuus jäi huomattavasti korkeammaksi verrattuna nurmen kasvumalliennustuksen mukaiseen oletukseen. Myöskään sato ei niittoa myöhästyttäessä kehittynyt lineaarisesti, kuten aikaisemmissa kokeissa on mitattu.

## Kirjallisuus

Ahvenjärvi, S., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. & Varvikko, T. 1999. Effects of supplementation of a silage and barley diet with urea, rapeseedmeal and heat-moisture-treated cake on omasal digesta flow and milk production in lactating dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica Sect. Animal Science* 49:179-189.

AOAC 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA. s.1298 ISBN 0-935584-42-0.

Artturi@-verkkopalvelu 2011. Saatavilla: [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi Viitattu](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi_Viitattu) 14.3.2011.

Aston, K., Thomas, C., Daley, S.R. & Sutton, J.D 1994a. Milk production from grass silage diets: effects of the composition of supplementary concentrate. *Animal Production*, 59:335-344.

Aston, K., Thomas, C., Daley, S.R., Sutton, J.D. & Dhanoa, M.S. 1994b. Milk production from grass silage diets: effect of silage characteristics and the amount of supplementary concentrate. *Animal Production*, 59:31-41.

Beuchemin, K.A. & Rode L.M. 1997. Minimum versus optimum concentrations of fiber in dairy cow diets based on barley silage and concentrates of barley or corn. *Journal of Dairy Science* 80:1629-1639.

Buxton, D. R. & Fales, S. L. 1994 Plant environment and quality. Julkaisussa: Fahey G. C. (toim.) Forage quality, evaluation and utilization, Madison, WI, *American society of Agronomy* s.155-199..

Broderick, G.A., Huhtanen, P., Ahvenjärvi, S., Reynal, S.M. & Shingfield, K. J. 2010. Quantifying ruminal nitrogen metabolism using the omasal sampling technique in cattle – a meta-analysis. *Journal of Dairy Science* 93:3203-3215.

Castle, M.E. & Watson, J.N. 1982. Silage and milk production: comparisons between un-wilted and wilted grass silages made with different additives. *Grass and Forage Science* 37: 235-241.

Davis, A. & Hall, W.B. 1969. Cyclic change over designs. *Biometrika* 56, 283-293.

Delaby, L., Peyraud, J. L & Delagarde, R. 2001. Effect of the level of concentrate supplementation, herbage allowance and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid lactation at grazing. *Animal Science* 73:171-181.

Friedel, K. 1990. Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulasemethode. [The estimation of the energetic feeding value of roughages by means of a cellulase method]. *Wissenschaftliche Zeitung Universität Rostock, N-Reihe* 39, 78-86.

Griffith, S.T. 2000. Changes in Dry Matter, carbohydrate and Seed Yield Resulting from Lodging in Three Temperate Grass Species. *Annals of Botany* 85(5): 675-680.

Haacker, K., Block, H.J. & Weissbach, F. 1983. Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in silagen mit p-Hydroxydiphenyl. [On the colorimetric determination of lactic acid in silages with p-Hydroxydiphenyl]. *Archiv für Tierernährung* 33: 505-512.

Hannukkala, A., Suomela, R., Virkajärvi, P. & Niskanen, M. 2009. Julkaisussa: (toim.) Issakainen, P. & Pakarinen, K. *Lannoitus- ja kasvinsuojelukokeiden tuloksia 2008.*, s. 54.

Heikkilä, T., Toivonen, V. & Huhtanen, P. 1998. Effect of spring and autumn silage, protein and concentrate level on milk production. Julkaisussa: Nagy, G., Petö K. (toim.) Ecological Aspects of Grassland management Proceedings of the 17<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation Debrecen Agricultural University Debrecen, Hungary May 18-21, s. 717-721.

Huhtamäki, T., Suullinen tiedonanto 25.5.2011.

Huhtanen, P. 1998. Supply of nutrients and productive responses in dairy cows given diets based on restrictively fermented silage. *Agriculture and Food Science in Finland*. 7 2:219-250.

Huhtanen, P. 2003. Maito ja Me 6:18-19.

Huhtanen P., 2008. Lypsylehmien rehuannoksen taloudellinen optimointi tuotosvasteiden perusteella. Julkaisussa: Maataloustieteiden päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedotteita no 23. Toim Anneli Happonen. Viitattu [15.2.2010] Julkaistu 9.1.2008. Saatavissa internetissä: <http://www.smts.fi> (Lypsylehmien rehuannoksen taloudellinen optimointi tuotosvasteiden perusteella). ISBN 978-951-9041-51-3.

Huhtanen, P. 2010. Märehtijöiden valkuaisarvojärjestelmä (OIV-PVT) uudistuu. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisu ja no 26. Toim. Anneli Happonen. Viitattu [7.11.2010]. Julkaistu 11.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi> (Märehtijöiden valkuaisarvojärjestelmä (OIV-PVT) uudistuu). ISBN 978-951-9041-54-4.

Huhtanen, P., Blauwiel, R. & Saastamoinen, I. 1998. Effects of intraruminal infusion of propionate and butyrate with two different protein supplements on milk production and blood metabolites in dairy cows receiving grass silage based diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77:213-222.

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., Nousiainen, J., Rinne M., Kytölä K. & Khalili H. 2008a. Utilization and partition of dietary nitrogen in dairy cows fed grass silage-based diets. *Journal of Dairy Science* 91:3589-3599.

Huhtanen, P. & Rinne, M. 2007. Effects of increasing the milk yield of dairy cows on milk composition. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 19:42 – 58.



Huhtanen, P., Rinne, M., Mäntysaari, P. & Nousiainen, J. 2011. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage based diets. *Animal*. 5:691-702.

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.

Huhtanen, P., Rinne M. & Nousiainen J. 2008b. Evaluation of concentrate factors affecting silage intake of dairy cows: a development of the relative total diet intake index. *Animal* 2:6 942 – 953.

Huhtanen, P. & Shingfield, K. 2005. Teoksessa: Park, R. S. & Stronge, M. D. *Silage production and utilization*. (Proceedings of the XIVth International Silage Conference, a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress, 2005, Belfast, Northern Ireland). Wageningen Academic Publishers. 35-50 s.

Ilmatieteenlaitos 2008. MTT:llä käytössä oleva Ilmatieteenlaitoksen säätietokanta.

Kaustell, K., Tuori, M., Huhtanen, P. 1997. Comparison of the energy evaluation systems of feeds for dairy cows. *Livestock production science* 51, 3:255-266.

Keady, T.W.J., Mayne, C.S., Fitzpatrick, D.A. & Marsden, M. 1999. The effects of energy source and level of digestible undegradable protein in concentrates on silage intake and performance of lactating dairy cows offered a range of grass silages. *Animal Science* 68: 763-777.

Kokkonen, T., 2005. Energy and protein nutrition of dairy cows during the dry period and early lactation: Production performance and adaptation from pregnancy to lactation. *Helsingin Yliopiston Kotieläintieteen laitoksen julkaisuja* 77. Saatavissa: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/kokkonen/energyan.pdf>

Kuoppala, K. 2010. Influence of harvesting strategy on nutrient supply and production of dairy cows consuming diets based on grass and red clover silage. Doctoral Dissertation *MTT Science* 11 s. 99. Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/63352/influenc.pdf?sequence=1>

Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S., Rinne, M. & Vanhatalo, A. 2009. Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows 2. Dry matter intake and cell wall digestion kinetics. *Journal of Dairy Science* 92:5634 – 5644.

Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008. The effect of cutting grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production of dairy cows. *Livestock Science* 116:171-182.

McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinical Chimica Acta* 17: 297-304.

McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. 1991. 2 th Edition *The Biochemistry of silage* 340 s. Toim. Aberystwyth. Great Britain.

Metcalf, J. A., Deever, J.A., Sutton, D.E., Wray-Cahen, D., Evans, R.T., Humphries, D.J., Backwell F. R. C., Bequette, B. J. & MacRae, B. J. 1994. The effect of supplementary protein on *in vivo* metabolism of the mammary gland in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 77:7 1816-1827. 40 ref.

MTT 2010. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset [verkkajulkaisu]. Jokioinen: MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Julkaistu 14.2.2006, [viitattu 2.9.2010]. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/rehutaulukot/>. URN:NBN:fi-fe20041449.

Mäntysaari, P. & Khalili, P. 2008. Effect of the rate of increase in concentrate allowance with concentrates high or low in starch on the performance of dairy cows in early lactation. *Animal*. 2: 6, 933-941.

Nousiainen, J. 2004. Development of tools for the nutritional management of dairy cows on silage-based diets. University of Helsinki, Department of Animal Science. Publications s.69. Academic dissertation. Saatavissa: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/nousiainen/developm.pdf>

Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2004. Ruoki pitoisuuden kohdalleen. *Nauta* 3:2004.

Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M. & Huhtanen, P. 2003. Prediction of digestibility of the primary growth of grass silages harvested at different stage of maturity from chemical composition and pepsin cellulase solubility. *Animal Food Science and Technology* 103: 97-111.

Nousiainen, J., Rinne, M. & Huhtanen, P. 2009. A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 1. The effects of forage and concentrate factors on total diet digestibility. *Journal of Dairy Science* 10 92 :5019–5030.

Nordheim-Viken, H., Volden, H., Jørgensen, M. 2009. Effects of maturity stage, temperature and photoperiod on growth and nutritive value of timothy (*Phleum pratense* L.). *Animal Feed Science and Food Technology* 152: 204-218.

Oba, M. & Allen, M. S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82: 3, 589-596. 44.

Offer, N.W., Percival DS., Dewhurst RJ. & Thomas C. 1998. Prediction of the voluntary intake potential of grass silage by sheep and dairy cows from laboratory silage measurement. *Animal Science* 66: 357-367.

Oldham, J. D. 1984. Protein energy relationship in dairy cows. *Journal of dairy science* 67:1090-1114. Amino acid nutrition of the dairy cow. Kirjassa D'Mello J.P.F. (toim..) Amino acids in Farm Animal Nutrition. CAB International, UK s.351-375.

Peltonen, S. 2010. Säilörehun tuotantokustannusten hallinta. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkajulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 26 Toim. Anneli Hopponen. Viitattu [23.1.2010]. Julkaistu 11.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi> (Säilörehun tuotantokustannusten hallinta). ISBN 978-951-9041-54-4.

Pulli, S. 1980. Growth factors and management technique used in relation to the developmental rhythm and yield formation pattern of pure grass stand. *Journal Science of Agriculture Society in Finland*, 52: 281 – 330.

Rinne, M. 2000. Influence of the timing of the harvest of primary grass growth on herbage quality and subsequent digestion and performance in the ruminant animal. University of Helsinki, Department of Animal Science. Publications 54. 42 p. + 5 encl. Academic dissertation. Saatavilla: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/rinne/>

Rinne, M., 2011. Suullinen tiedonanto 10.5.2011.

Rinne, M., Hellämäki, M., Nousiainen, J., Aura, E. & Huhtanen, P. 2000a. Kevätkorjuun optimoinnista koko kesän nurmisadon hallintaan. Julkaisussa: Rinne, M. (toim.) Maataloustieteenpäivät 2000, Maaseutokeskuksen liiton julkaisuja no 952 s.126 - 129.

Rinne, M., Hellämäki M., Nousiainen J., Aura E., Virkajärvi, P. & Huhtanen P. 2000b. Nurmirehun korjuuajan valinta tarkemmaksi Julkaisussa: Rinne M. (toim.) Maataloustieteiden päivät 2000, Maaseutokeskuksen liiton julkaisuja no 952 s.122 -125.

Rinne, M., Huhtanen, P. & Jaakkola, S. 1997. Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets. 2. Cell wall digestibility, digestion and passage kinetics. *Animal Feed Science and Technology* 67:19–35.

Rinne, M., Jaakkola S., Kaustell K., Heikkilä T. & Huhtanen P. 1999. Silages harvested at different stages of grass growth v. concentrate foods as energy and protein sources in milk production. *Animal Science* 69: 251-263

Rinne, M. & Nykänen, A. 2000. Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of timothy-red clover mixtures. *Agricultural and food Science in Finland* 9:121-134.

Rinne, M., Pitkänen, T., Nyholm, L., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2010. Nurmiheinien ensimmäisen sadon sulavuuden ja sadon määrän mallit nurmirehujen tuotannon hallintaan. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu [20.11.2010]. Julkaistu 11.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi> (Nurmiheinien ensimmäisen sadon sulavuuden ja sadon määrän mallit nurmirehujen tuotannon hallintaan) (ISBN 978-951-9041-54-4).

Rook, A. J., Gill M., Willink, R.D. & Lister, S.L., 1991. Prediction of voluntary intake of grass silages by lactating cows offered concentrates at a flat rate. *Animal Production*. 52: 3, 407-420.

Sairanen A. 2011. Suullinen tiedonanto 1.3.2011.

Sairanen A., Virkajärvi P. & Juutinen E. 2010. Karjatilan nurmirehun korjuustrategiat 2010 Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu [7.11.2010]. Julkaistu 11.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi> (Karjatilan nurmirehun korjuustrategiat) (ISBN 978-951-9041-54-4).

Seppälä, R., Ryhänen, M., Sipiläinen, T., Rinne, M., Huhtanen, P., Suokannas, A. 2002. Lypsylehmän ruokinnan taloudellinen optimointi pitkällä aikavälillä. In: Toim. Anneli Hopponen. Maataloustieteen Päivät 2002 [verkkojulkaisu]. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 18: [1 p.].

Shingfield, K., Vanhatalo, A. & Huhtanen, P. 2003 Comparison of heat treated rapeseed expeller and solvent-extracted soy-bean meal as protein supplements for dairy cows given grass silage based diets. *Animal Science* 77:305-317.

Sjaunja, L.O., Baerve, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J. Setälä, J. 1991. A Nordic proposal for and energy corrected milk (ECM) formula. Kirjassa: Gaillon, P. & Chabert, Y. (toim). *Performance Recording of Animals*. State of the Art, 1990. EAAP Publication no. 50, PUDOC, Wageningen, the Netherlands. s. 156 – 157.

Thomas, C. 1987. Factors affecting substitution rates in dairy cows on silage based rations. Kirjassa: Haresign, W., Cole, D.J.A. (toim.). *Recent Advances in Animal nutrition*. Butterworths London, s. 205-218.

Thomas, P.C., Chamberlain D.G., Robertson S., Shamon S.A. & Watson J.N. 1984. The effect of the source and level of protein supplement on milk production in dairy cows given silage diets. Proc 7<sup>th</sup> Silage Conference, Belfast, s. 45-46.

Tremblay, G.F., Bélanger & Drapeaus R. 2005. Nitrogen fertilizer application and developmental stage affect silage quality of timothy (*Phleum Pratense* L.). *Grass and forage science* 60:337-355.

Tuori, M. 1992. Rapeseed meal as a supplementary protein for dairy cows on grass silage-based diet, with the emphasis on the Nordig AAT-PBV feed protein evaluation system. *Agricultural Science in Finland* 1:367-439.

Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. & Rinne, M. 2009. Effects on feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 1. Nitrogen metabolism and supply of amino acids. *Journal of Dairy science* 92:5620-5633.

Van Soest, P.J. 1994. Kirjassa: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2<sup>nd</sup> ed. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY s. 476.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3588-3597.

Virkajärvi, P., Pakarinen, K., Hyrkäs, M., Savolainen, J., Seppänen, M., Manninen, O., IsoLahti, M. & Rinne, M. 2010. Nurmen satofysiologia nurmien sadon määrän ja ruokinnallisen arvon perustana. [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu [13.5.2010]. Julkaistu 11.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi> (Nurmen satofysiologia nurmien sadon määrän ja ruokinnallisen arvon perustana) (ISBN 978-951-9041-54-4.)

Wathén, A., Rinne, M. & Heikkilä, A-M. 2008. Optimaalisesti rehua ja maitoa. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tie-

dotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu [16.11.2009]. Julkaistu 9.1.2008. Saatavilla Internetissä: [http://www.smts.fi/mpol2008/index\\_tiedostot/Esitelmat/es073.pdf](http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es073.pdf)

Wilson, J.R. & Kennedy P.M. 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Australian Journal of Agricultural Research* 47:199-225. Ref. Kuoppala 2010.