Väkirehun määrän vaikutus lypsylehmän säilörehun syöntiin ja tuotokseen

Tiina Sirkjärvi

Pro Gradu -tutkielma

Kotieläintieteen laitos

Huhtikuu 2008

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty	Laitos — Institution — Department
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta	Kotieläintieteen laitos

Tekijä — Författare — Author

Tiina Sirkjärvi

Työn nimi — Arbetets titel — Title

Väkirehun määrän vaikutus lypsylehmän säilörehun syöntiin ja tuotokseen

Oppiaine —Läroämne — Subject

Kotieläinten ravitsemustiede

Työn laji — Arbetets art — Level	Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Pro Gradu	Huhtikuu 2008	62

Tiivistelmä — Referat — Abstract

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää väkirehumäärän vaikutuksia lypsylehmien säilörehun syöntiin ja syöntikäyttäytymiseen sekä tuotokseen lypsykauden alussa. Väkirehun määrän vaikutuksia on tutkittu paljon niukemmalla väkirehustuksella. Tilojen väkirehun osuus rehustuksessa saattaa ylittää jopa 60 %, joten on tärkeää selvittää väkevän rehustuksen vaikutusta lehmiin. Tutkimustietoa väkirehun määrän vaikutuksista säilörehupohjaisella ruokinnalla lypsykauden alussa on myös suhteellisen vähän.

Koe suoritettiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) Jokioisissa Minkiön koenavetassa 20.9.2005 - 25.4.2006 välisenä aikana. Koe tehtiin pihaton osastossa, jossa oli säilörehun syöntiä mittaavat vaakakupit. Koe tehtiin jatkuvana ryhmäkokeena satunnaistetun koemallin mukaisesti. Koe-eläiminä oli 30 Ayshire-lehmää, joista 12 oli ensikoita ja 18 vanhempaa lehmää. Eläimet otettiin kokeeseen poikimisen jälkeen ja ne olivat mukana kokeessa 100 ensimmäisen lypsypäivän ajan. Kokeessa oli kaksi ryhmää eli matalan väkirehutason eläimet (MVR) sekä korkean väkirehutason eläimet (KVR). Vähemmän väkirehua saaneet eläimet saivat väkirehua 10 kg (ensikot) tai 13 kg (vanhemmat lehmät) päivässä. Väkevämmän ruokinnan ryhmässä vastaavat väkirehumäärät olivat 15 kg (ensikot) ja 18 kg (vanhemmat lehmät). Herutuksen kesto oli MVR-ryhmässä 11 vuorokautta ja KVR-ryhmässä 17 vuorokautta.

Väkirehun määrän lisääminen vähensi säilörehun syöntiä, mutta lisäsi syönnin kokonaismäärää. Toteutuneet väkirehun osuudet kuiva-aineen syönnin kokonaismäärästä olivat 64 % (KVR) ja 52 % (MVR). Syönnin kokonaismäärä oli KVR-ryhmässä keskimäärin 2,1 kg kuiva-ainetta suurempi kuin MVR-ryhmässä. Säilörehun syönti oli MVR-ryhmässä keskimäärin 9,4 kg ka ja KVR-ryhmässä 7,9 kg ka. Korvaussuhde oli 0,41 kg ka säilörehua / kg ka väkirehua. Säilörehun syönnissä oli havaittavissa neljä syöntihuippua, eikä syönnin rytmittyminen poikennut juuri ryhmien välillä. Syöntihuiput tapahtuivat rehunjaon ja lypsyn jälkeen. Lisäksi keskiyöllä oli havaittavissa pienempi syöntihuippu. Enemmän väkirehua saaneet lehmät söivät säilörehua yhtä monta kertaa päivässä, mutta söivät numeerisesti nopeammin. Niiden yksittäinen syöntikerta oli lyhyempi ja sen aikana syöntimäärä oli pienempi kuin MVR-ryhmän eläimillä. Säilörehun syöntimäärä lisääntyi poikimisen jälkeen molemmissa ryhmissä, mutta määrän lisääntyminen tapahtui nopeammin vähemmän väkirehua saaneiden ryhmässä. Syöntimäärän lisääntyminen on selitettävissä kokonaissyöntiajan lisääntymisellä, sekä syöntiajan lisääntymisellä syöntikertaa kohden. Sitävastoin syöntinopeus hidastui lypsykauden edetessä.

Tässä kokeessa ei saavutettu tuotosvastetta väkirehun määrää lisäämällä, vaikka rehun kokonaissyönti lisääntyi selvästi. Tuotosvaste oli vain 0,027 kg/kg ka väkirehua. Energiakorjattuna maitona ilmaistuna tuotosvaste oli negatiivinen eli - 0,22 EKM/kg ka. Huono tuotosvaste voi johtua tässä kokeessa väkirehun suuresta määrästä ja koostumuksesta. Suurempi kuiva-aineen syönti näytti kerryttävän KVR-ryhmän eläinten elopainoa maidontuotannon sijaan. Maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksissa ei havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä, mutta pitoisuudet olivat pienempiä KVR-ryhmässä MVR-ryhmään verrattuna.

Avainsanat — Nyckelord — Keywords

Väkirehutaso, lehmä, syöntikäyttäytyminen, tuotosvaste

Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited

Kotieläintieteen laitos, Kotieläinten ravitsemustieteen kirjasto

Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information

Tutkimus on tehty MTT:n Kotieläintuotannon tutkimuksessa Jokioisissa.
Tutkijat: Päivi Mäntysaari, Hannele Khalili
Työn ohjaajat: Yliopistolehtori Seija Jaakkola, MMT Päivi Mäntysaari ja dosentti Hannele Khalili

Sisällys

1. Johdanto 1
2. Aineisto ja menetelmät 6
   2.1 Koeaika ja -paikka 6
   2.2 Eläimet ja koejärjestelyt 7
   2.3 Rehut ja ruokinta 7
   2.4 Kuntoluokitus ja elopaino 9
   2.5 Lypsy 9
   2.6 Käyttäytymisen tarkkailu 9
   2.7 Näytteiden keruu ja analysointi 11
   2.8 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi 13
      2.8.1 Rehuarvojen laskeminen 13
      2.8.2 Rehun syönti ja maidontuotanto 13
      2.8.3 Käyttäytyminen 14
3. Tulokset 15
   3.1 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot 15
   3.2 Rehujen syönti 17
   3.3 Käyttäytyminen 25
      3.3.1 Väkirehumäärän ja lypsykauden vaiheen vaikutus 25
      3.3.2 Kuvaileva syöntikäyttäytyminen 29
   3.4 Tuotantotulokset 31
   3.5 Elopaino ja kuntoluokka 34
4. Tulosten tarkastelu 36
   4.1 Väkirehun määrän vaikutus syöntiin 36
      4.1.1 Vaikutukset ryhmien välillä 36
      4.1.2 Syönnin kehittyminen 39
   4.2 Käyttäytyminen 40
      4.2.1 Vaikutukset ryhmien välillä 40
      4.2.2 Käyttäytymisen kehittyminen 43
      4.2.3 Säilörehun päivittäisen syöntikäyttäytymisen kuvaileminen 44
   4.3 Väkirehun määrän vaikutus tuotantoon 45
      4.3.1 Vaikutus tuotosvasteeseen ja maidontuotantoon 45
      4.3.2 Vaikutus maidon koostumukseen 47
   4.4 Vaikutus painoon ja kuntoluokkaan 51
5. Yhteenveto ja johtopäätökset 51
Lähteet 53

1. Johdanto

Lypsylehmien maitotuotos on kasvanut huomattavasti jalostuksen myötä. Vuonna 2006 tarkkailukarjojen keskimääräinen maidontuotanto oli 7 646 litraa, kun se kymmenen vuotta aiemmin oli 5 993 litraa (Maataloustilastotiedote 2002 ja 2007). Suuremman maitomäärän tuotantoon tarvitaan enemmän energiaa, joten lehmien energiantarve on lisääntynyt ja väkirehun suhteellinen osuus rehustuksessa on kasvanut. Tarkkailukarjoissa vuoden 2006 väkirehun osuus oli 45,7 % karjojen laskennallisesta energiansaannista, kun kymmenen vuotta aiemmin vastaava osuus oli 39,4 % (Kyntäjä 2007). Väkirehun määrän lisääntyminen ruokinnassa vaikuttaa lypsylehmän syöntiin ja pötsin toimintaan moninaisesti. Tietoa väkirehun määrän vaikutuksista tarvitaan tuotanto-olosuhteiden optimoimiseksi.

Väkirehumäärän lisääminen ei lisää rehusta saatavaa energiaa additiivisesti, sillä väkirehu voi vaikuttaa haitallisesti rehun sulavuuteen (Mould 1988) ja vähentää säilörehun syöntiä (Castle ym. 1983, Aston ym. 1995, Agnew ym. 1996, Saarisalo ym. 1997, Shingfield ym. 2002). Neutraali detergentti menetelmällä määritelly kuidun (NDF eli Neutral Detergent Fiber) sulavuus huononee usein väkirehumäärän lisääntyessä, mikä voi johtua pötsin pH:n laskusta ja hiilihydraattivaikutuksesta. Väkirehun kasvava osuus laskee pötsin pH:ta (Mould 1983), mikä häiritsee sellulolyyttisten bakteerien toimintaa. Pötsin pH:n aleneminen johtuu väkirehun helppoliukoisten hiilihydraattien nopeammasta pötsikäymisestä, jolloin haihtuvia rasvahappoja syntyy enemmän. Alhainen pötsin pH stimuloi *Streptococcus bovis* -bakteerin maitohaponmuodostusta, mikä stimuloi pH:n alenemista entisestään (Strobel ja Russell 1986). Maitohappo on vahvempi happo haihtuviin rasvahappoihin verrattuna. Sen pKa on 3,86, mikä on alempi verrattuna etikkahappoon (pKa 4,76) ja propionihappoon (pKa 4,87). Haihtuvia rasvahappoja syntyy enemmän kuin ehtii imeytyä pötsin seinämän läpi, ja niillä voi olla toksisia vaikutuksia sellulyyttisiin bakteereihin (Russell ja Willson 1996). Jaakkolan ja Huhtasen (1993) tutkimuksessa NDF:n sulavuus huononi lineaarisesti alimmasta väkirehutasosta (25 %) keskitasoon (50 %), kun pötsin pH laski keskimäärin 6,4:stä 6,2:een. NDF:n sulavuus lähti jyrkkään laskuun, kun väkirehun määrä lisääntyi 75 %:iin, ja pötsin keskimääräinen pH laski 6,0:een. Sulavuuden huonontuminen väkirehun määrän lisääntyessä johtuu osittain myös niin sanotusta hiilihydraattivaikutuksesta. Ilmiössä pötsin mikrobifloora sopeutuu saatavissa olevien helppoliukoisten hiilihydraattien fermentoijaksi selluloosan asemasta (Mould ym. 1983).

Väkirehun määrä voi vaikuttaa mikrobivalkuaisen tuotantoon ja täten valkuaisen saantiin. Mikrobivalkuaisen tuotanto on tehokkainta keskimääräisillä väkirehumäärillä. Väkirehun pitoisuuden lisääntyminen 25 %:sta 50 %:iin paransi mikrobivalkuaistuotantoa, mutta nosto 75 %:iin vähensi sitä (Jaakkola ja Huhtanen 1993, Huhtanen 1998). Väkirehun vaikutukset mikrobivalkuaisen tuotannon tehokkuuteen voivat olla sekä positiivisia että negatiivisia. Helppoliukoiset hiilihydraatit tarjoavat mikrobeille energiaa, ja myös hyvälaatuinen valkuaislisä voi vaikuttaa mikrobituotantoon edullisesti. Toisaalta taas pötsin pH:n aleneminen laskee mikrobivalkuaisen tuotannon tehokkuutta, sillä mikrobit joutuvat käyttämään energiaansa intrasellulaarisen pH:n ylläpitämiseen (Strobel ja Russel 1986). NDF:stä saadun energian väheneminen sekä akrylaattireitin yleistyminen huonontavat myös mikrobien energiansaantia (Huhtanen 1998). Akrylaattireitti tuottaa energiaa tehottomammin muihin reitteihin verrattuna. Mikrobivalkuaisen tuotannon tehostuminen riippuu kuitenkin paljon käytettävästä säilörehusta (Huhtanen 1998).

Väkirehun määrä vaikuttaa myös säilörehun syöntiin, sillä se vaikuttaa syönnin säätelymekanismeihin. Syönnin säätelyyn vaikuttavat monet tekijät. Syönnin päättymiseen on liitetty fysikaalinen ja metabolinen säätelyteoria. Ensimmäisen teorian mukaan eläin syö niin kauan, kunnes ruuansulatuskanavan fysikaalinen täyttyvyys tulee rajoittavaksi tekijäksi. Kun rehu vie tilaa ruuansulatuskanavassa, venytystä aistivat reseptorit viestivät aivoille täyttymisestä. Pötsi-verkkomahaa on pidetty ruuansulatuskanavan osana, jonka venyminen rajoittaa syöntiä, mutta myös juoksutusmahan täyttyminen voi aiheuttaa syönnin rajoittumista (Allen 1996). Metabolisen teorian mukaan eläin syö niin kauan, kunnes fysiologinen ravinnontarve on saavutettu (Montgomery ja Baumgardt 1965). Syönnin loppumista viestivät tekijät voivat tällöin olla esimerkiksi pötsikäymisen lopputuotteet, joiden on todettu vähentävän säilörehun syöntiä (Gill ym. 1988). Conrad ym. (1964) olivat ensimmäisiä, jotka liittivät fysiologisen ja metabolisen säätelyteorian yhteen. He huomasivat, että paremmin sulavan rehun säätelymekanismi voi olla metabolista, sillä energiantarve tyydyttyy ennen kuin fysikaalinen täyttyvyys tulee rajoittavaksi tekijäksi.

Säilörehun syönnin kehittymiseen lypsykauden alussa voi vaikuttaa sekä fysikaaliset että metaboliset säätelytekijät. Ingvartsenin ja Andersenin (2000) mukaan vasikan syntyminen vähentää noin 70 kg painoa keskimääräisestä Holstein-lehmästä. Tällaisen

painon poistuminen elimistöstä vapauttaa huomattavasti tilaa pötsille, mutta syönti ei kehity yhtä nopeasti kuin massan poistuminen antaisi edellytyksiä. Täten on todennäköistä, että syönnin säätelyyn vaikuttavat myös monet metaboliset ja endokriiniset tekijät (Ingvartsen ja Andersen 2000).

Väkirehun lisääminen rehustukseen aiheuttaa usein karkearehun syönnin vähentymistä, mutta kuiva-aineen kokonaissyönti lisääntyy (Castle ym. 1983, Aston ym. 1995, Agnew ym. 1996, Saarisalo ym. 1997, Shingfield ym. 2002). Syönnin määrään vaikuttaa paljon myös rehun koostumus. Karkearehun suuri kuiva-ainepitoisuus ja hyvä sulavuus vaikuttavat positiivisesti syöntiin (Gill ym. 1988, Huhtanen ym. 2007). Rasva voi vähentää syöntiä (Allen 2000). Monissa kokeissa väkirehun valkuaisen pitoisuuden lisääntyminen on aiheuttanut syönnin lisääntymistä ja sulavuuden parantumista (Thomas ja Thomas 1988, Allen 2000).

Väkirehun määrä voi vaikuttaa eläinten käyttäytymiseen. Käyttäytymistutkimus lisää tietoa tuotanto-olosuhteiden ja rehustuksen vaikutuksesta toimintoihin. Vertaamalla käyttäytymistoimintojen esiintyvyyttä luonnolliseen käyttäytymiseen, käyttäytymisen tutkiminen voi antaa viitteitä eläinten hyvinvoinnista (Albright 1987). Syöntikäyttäytymisellä on myös yhteyttä lehmän tuotantokykyyn (Grant ja Albright 1995). Lisäksi tieto syöntikäyttäytymisestä kartuttaa tietoa eläimelle ominaisesta syöntirytmistä, jota tuntemalla optimoida syöntiolosuhteita.

Väkirehun määrä rehustuksessa vaikuttaa lehmien käyttäytymiseen. Väkirehupitoista rehua saavat lehmät syövät ja märehtivät vähemmän aikaa. Friggensin ym. (1998b) tutkimuksessa väkirehun määrä vaikutti lyhyen aikavälin syöntikäyttäytymiseen seosrehuruokinnassa. Runsaassa väkirehuruokinnassa (58 % ka:sta) lehmät kävivät syömässä harvemmin, mutta söivät kauemmin kuin niukemmin väkirehua (27 % ka:sta) saaneet lehmät riippumatta maidontuotantokauden vaiheesta. Syötettäessä vähän väkirehua karkearehun tuorepainon syöntinopeus oli 80 % runsaaseen väkirehuruokintaan verrattuna. Lehmien välinen vaihtelu on syöntikäyttäytymisen osalta huomattavaa. Runsaasti väkirehua saaneiden lehmien syöntikertojen määrä ja syöntimäärä kertaa kohden vaihtelivat enemmän kuin niukasti väkirehua saaneiden ryhmässä (Friggens 1998b). Tutkimustietoa väkirehun määrän vaikutuksesta lypsylehmien käyttäytymiseen on suhteellisen vähän.

Väkirehun tuotosvaste vaihtelee tutkimusten mukaan hyvin paljon (Aston ym. 1995). Suomessa väkirehun tuotosvasteet ovat olleet suhteellisen pieniä, etenkin jos väkirehu on ylittänyt 10 kiloa päivässä (Huhtanen 1998, Sairanen ym. 1999). Runsaasta väkirehuruokinnasta saadut tuotosvasteet ovat pienempiä kuin niistä voi energiansisältönsä perusteella odottaa. Tuotosvasteen pieneneminen runsasta väkirehuruokintaa käytettäessä voi johtua pääasiassa väkirehun epäsäännöllisestä vaikutuksesta säilörehun syöntiin (Thomas ja Rae 1988). Väkirehun osuuden lisääntyessä yli 60 %:n, ylimääräinen energia suuntautuu omiin kudoksiin maidontuotannon sijasta (Mould 1988). Tuotosvaste on parempi, kun karkearehun saanti on vähäisempää tai sen laatu heikompaa (Thomas ja Thomas 1988, Delaby ym. 2001). Vasteeseen vaikuttavat myös eläimen geneettinen arvo maidontuottajana ja tuotantokauden vaihe (Delaby ym. 2001).

Väkirehun määrä ruokinnassa voi vaikuttaa maidon koostumukseen. Väkirehun lisääntyminen ruokinnassa lisää usein maidon valkuaispitoisuutta (esim. Castle ym. 1983, Aston ym. 1995, Agnew ym. 1996). Suurimmat valkuaispitoisuuden lisääntymiset on havaittu niukkojen väkirehumäärien välillä (3 kg ja 6 kg ka) (Aston ym. 1995). Väkirehun määrän lisäämisen vaikutus maidon valkuaispitoisuuteen voi johtua propionihapon tuotannon lisääntymisestä pötsissä (Thomas ja Martin 1988). Valkuaista sisältävän väkirehun määrän lisääntyminen voi nostaa myös ohitusvalkuaisen määrää. Väkirehumäärän lisääminen on vähentänyt useissa tutkimuksissa maidon rasvapitoisuutta, mutta nostanut rasvan tuotantoa (Castle ym. 1983, Aston ym. 1995, Agnew ym. 1996, Saarisalo ym. 1997, Kokkonen ym. 2000, Shingfield ym. 2002). Rasvapitoisuus laski, kun väkirehua oli vapaasti saatavissa (Mould 1988). Vaikutukset maidon rasvapitoisuuteen ovat usein yhteydessä väkirehun tärkkelyspitoisuuteen ja pötsikäymisen muutoksiin (Huhtanen ja Rinne 2007). Rasvapitoisuuden vähentyminen maidossa on usein yhteydessä suureen propionihapon osuuteen ja pieneen etikka- ja voihapon osuuteen pötsissä (Thomas ja Martin 1988). Propionihapon suuren molaarisen osuuden vaikutus maidon rasvasynteesiin johtuu todennäköisesti etikka- ja voihapon osuuden vähentymisestä, sillä ne ovat tärkeitä esiaineita lyhyille ja keskipitkille rasvahapoille (Thomas ja Martin 1988). Väkirehun määrä voi vaikuttaa maidon ureapitoisuuteen. Poikkeavat tulokset tutkimusten välillä saattavat johtua siitä, että ureapitoisuus on pienempi maidontuotantokauden alussa kuin lopussa (Kokkonen 2005). Huhtasen ja Rinteen (2007) yhteenvedossa ureapitoisuus lisääntyi, kun lisätty

valkuaisruokinta nosti maidontuotantoa. Ruokinnan valkuaispitoisuus selittää parhaiten maidon ureapitoisuutta rehustuksen ravintoaineista (Nousiainen ym. 2004).

Väkirehun määrän vaikutusten tutkiminen juuri maidontuotantokauden alussa on erityisen tärkeää. Maidontuotantokauden alku määrittää tuotannon suureksi osaksi ja vaikuttaa myös loppukauden tuotantoon. Lypsykauden alussa lehmän energiatase on negatiivinen (Kokkonen 2005). Tällöin riittävä energiansaanti on tärkeää, sillä se voi ehkäistä energianpuutteesta johtuvia ongelmia, kuten ketoosia.

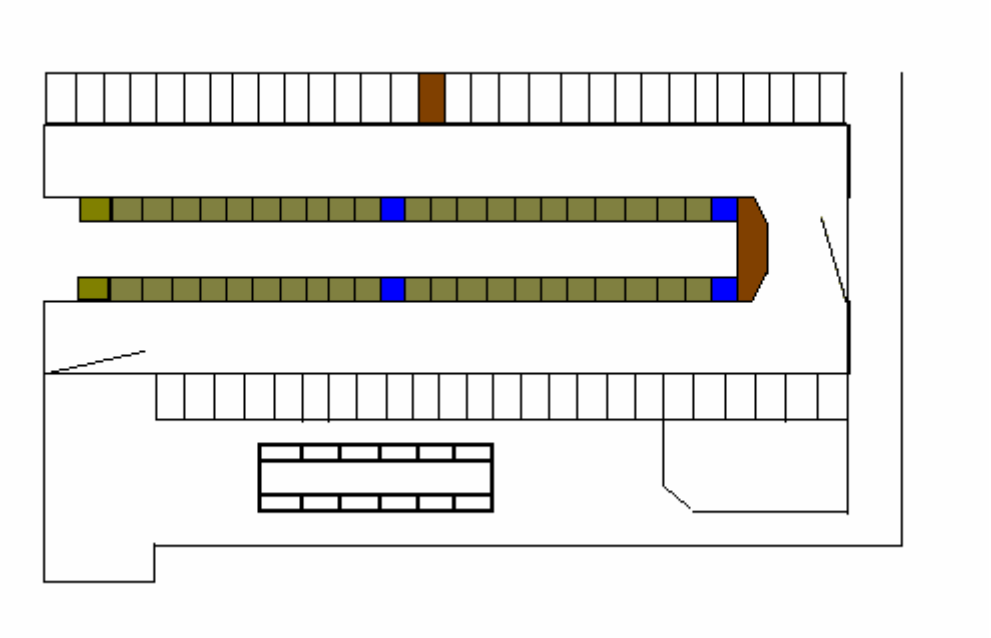
Kokkonen (2005) tutki laajasti väkirehun määrän vaikutuksia ja totesi, että tutkimuksia lypsykauden alkuvaiheen väkirehustuksen vaikutuksesta säilörehuun pohjautuvalla ruokinnalla on vähän. Puutetta oli erityisesti tutkimuksista, joiden valkuaislisänä käytettiin rypsiä.

Tämän kokeen tarkoituksena on selvittää miten väkirehun määrä vaikuttaa säilörehun syöntiin ja tuotokseen lypsykauden alussa syötettäessä suuria määriä väkirehua, jonka pääasiallisena valkuaisraaka-aineena oli rypsirouhe. Lisäksi tutkittiin myös mahdollisia vaikutuksia käyttäytymiseen, kun väkirehun määrä lisääntyi.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Koeaika ja -paikka

Koe suoritettiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) Jokioisissa Minkiön koenavetassa 20.9.2005 ja 25.4.2006 välisenä aikana. Pihatossa on kaksi osastoa lehmille. Koe tehtiin osastossa, jossa oli säilörehun syöntiä mittaavat vaakakupit ruokintapöydän molemmin puolin. Syöntiä mittaavat vaakakupit (44 kpl, RIC-portit, Insentec, Marknesse, Alankomaat) tallensivat syöntiajat ja syönnin määrän. Lisäksi osastossa oli kaksi väkirehuasemaa, neljä juomapaikkaa sekä kaksi nuolukiveä. Kaulassa pidettävät transponderit mahdollistivat lehmän tunnistuksen ja pääsyn syömään säilörehua määrätyltä kupilta. Osastossa oli yhteensä 44 lehmää, eli myös kokeen ulkopuolisia lehmiä. Osaston ja lypsyaseman pohjapiirustus on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Pihaton ja lypsyaseman kaaviokuva. Säilörehukupit on merkitty vihreällä, vesipisteet sinisellä ja väkirehuasemat ruskealla. Alhaalla oleva tila kuvaa lypsyasemaa ja sen yhteydessä olevaa kokooma-aluetta.

2.2 Eläimet ja koejärjestelyt

Koe tehtiin jatkuvana ryhmäkokeena satunnaistetun koemallin mukaisesti. Koe-eläiminä käytettiin 30 Ayrshire-lehmää, joista 12 oli ensikoita ja 18 vanhempaa lehmää (9 poiki toista kertaa, 5 poiki kolmatta kertaa ja 4 neljättä kertaa). Eläimet otettiin kokeeseen poikimisen jälkeen ja ne olivat mukana kokeessa 100 ensimmäisen lypsypäivän ajan.

Kokeessa oli kaksi ryhmää eli vähemmän väkirehua saaneiden ryhmä sekä runsaammin väkirehua saaneiden ryhmä. Lehmät jaettiin eri koeryhmiin poikimakerran ja poikimapäivän mukaan. Tavoitteena oli, että väkirehun osuus olisi noin 45 % (Matala väkirehutaso eli MVR) tai 65 % (Korkea väkirehutaso eli KVR) kuiva-aineesta. Eri ryhmien eläimet sijoitettiin satunnaisesti vaakakuppipaikoille niin, että jokaiselle eläimelle oli oma syöntipaikka.

Lehmät jaettiin ryhmien välisiin pareihin käyttäytymistarkkailua varten. Parin muodostivat lehmät, joiden poikimapäivä ja poikimakerta olivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Ensikko ja lehmä eivät voineet olla pareja keskenään.

2.3 Rehut ja ruokinta

Eläimet saivat säilörehua vapaasti. Rehu oli rajoitetusti käynyttä timotei (*Phleum pratense*) - nurminata (*Festuca pratensis*) nurmisäilörehua, jonka kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 249 g/kg. Säilörehu tehtiin laakasiiloon tai aumaan tarkkuussilppurilla ja säilöntäaineena oli happosäilöntäaine (AIV 2 Plus, 5 l/tn, Kemira GrowHow, Helsinki). Kokeen aikana syötettiin säilörehua kolmesta eri siilosta. Säilörehu jaettiin vaakakuppeihin neljä kertaa vuorokaudessa jakovaunulla (TR-ruokintarobotti, Pellonpaja Oy, Ylihärmä). Vaunu ajoi vaakakupeille päivittäin noin kello 7.15, 13.30, 16.50 sekä 18.20. Jaon aikana kupeille pääsy oli estettynä noin puolen tunnin ajan. Kupit tyhjennettiin vanhasta rehusta päivittäin noin kello 13.00. Säilörehua pyrittiin annostelemaan niin, että jätteeksi jäi 5 - 10 % annetusta säilörehusta.

Väkirehuna oli teollinen täysrehu (Rehuraisio Oy, Raisio). Pro gradu -tutkielma tehtiin laajemman kokeen osasta, jossa vertailtiin esikypsennettyä ja esikypsentämätöntä väkirehua sekä kahta eri annostelumäärää. Tutkielma tehtiin ryhmästä, jossa väkirehun

viljaa ei oltu esikypsennetty ennen rakeistamista. Väkirehun raaka-aineina olivat kaura, rypsirouhe, leseseos, leike, soijarouhe, melassi, kivennäiset ja vitamiinit. Raaka-aineiden osuudet on esitetty taulukossa 1. Eläimet saivat vapaasti vettä ja niillä oli nuolukivi käytettävissä.

Taulukko 1. Väkirehun koostumus

Raaka-aine	Osuus g/kg
Kaura	500
Rypsirouhe	160
Leseseos	100
Leike	100
Soijarouhe	57
Melassi	50
Kivennäiset, hivenaineet ja vitamiinit	33

Väkirehuannokset jaettiin väkirehukioskeista. Ensikoiden runsaampi väkirehuannos oli 15 kg päivässä ja vanhempien lehmien 18 kg päivässä. Vastaavat arvot niukemmassa rehustuksessa olivat 10 kg ja 13 kg päivässä. Lehmät saivat lypsyn yhteydessä houkutusannoksen (0,6 kg päivässä), joka sisältyi päivittäiseen väkirehumäärään. Tunnutus aloitettiin 3 viikkoa ennen odotettua poikimista. Tunnutuskaudella väkirehuannos nostettiin 3 kg:aan ensikoilla ja 4 kg:aan lehmillä. Ruokinta-annokset ja herutuksen kesto on esitetty taulukossa 2. Herutuksen kesto oli alemmalla väkirehutasolla 11 vuorokautta ja korkeammalla väkirehutasolla 17 vuorokautta.

Taulukko 2. Väkirehumäärät eri ryhmissä

Koeruokinta	Matala väkirehutaso		Korkea väkirehutaso	
	kg	kg ka	kg	kg ka
Vanhemmat lehmät				
Tunnutusannos	4	3,6	4	3,6
Koekauden väkirehuannos	13	11,5	18	16,0
Ensikot				
Tunnutusannos	3	2,7	3	2,7
Koekauden väkirehuannos	10	8,9	15	13,3
Herutuksen kesto	11 pv		17 pv	

Väkirehukioskeja (Pellonpaja, Ylihärmä) oli kaksi. Toinen oli perinteinen malli, johon oli lisätty suojaava saluunamallinen takaportti. Toinen oli sivusta aukeava kioski, mikä esti käytännössä häirinnän väkirehukioskilla. Lehmillä oli mahdollisuus käyttää molempia kioskeja. Väkirehun saanti jaoteltiin viiteen yhtä suureen osaan vuorokaudessa niin, että uuden väkirehuerän saaminen oli mahdollista kello 3:35, 7:00, 11:30, 16:00 ja 19:30.

2.4 Kuntoluokitus ja elopaino

Koe-eläimet kuntoluokitettiin poikimapäivänä ja sitä seuraavana päivänä, sekä tämän jälkeen kahden viikon välein. Kuntoluokka määritettiin Lowmanin ym. (1976) mukaan pisteytyksenä yhdestä viiteen. Lehmien elopainot rekisteröitiin läpikulkuvaa'assa (Insentec B.V., Marknesse, Alankomaat) jokaisen lypsyn yhteydessä.

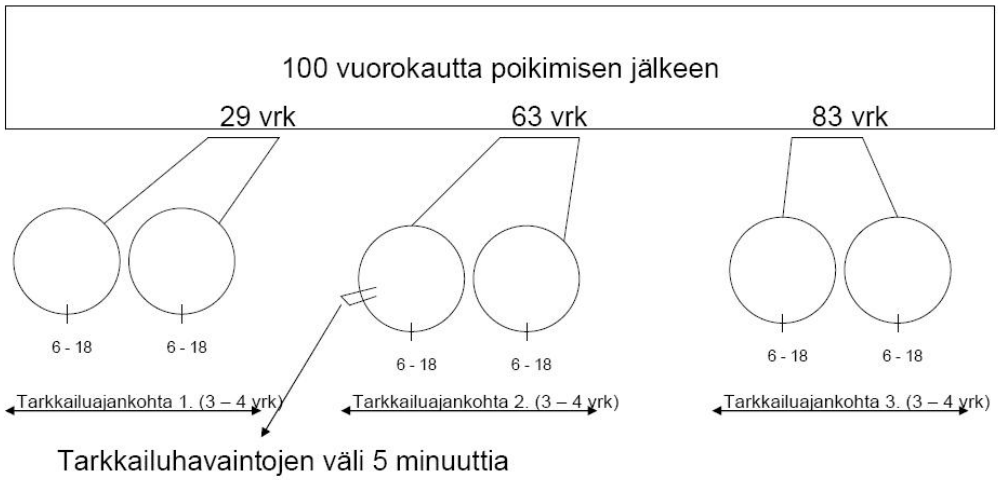
2.5 Lypsy

Eläimet ajettiin kokooma-aulaan ennen lypsyä. Lypsy tapahtui kahdesti vuorokaudessa 2*6 autotandem-asemalla (SAC). Ensimmäinen lypsy alkoi noin kello 6.30 ja toinen lypsy kello 16.30.

2.6 Käyttäytymisen tarkkailu

Jokaista lehmää tarkkailtiin kolmena ajankohtana koko kokeen aikana (kuva 2). Ajankohtien tarkkailujaksot alkoivat keskimäärin 29, 63 ja 83 vuorokautta poikimisen jälkeen (keskihajonta 13 vuorokautta). Tarkkailut tehtiin 3 - 4 päivän aikana tarkkailujaksoa kohti kolme tuntia kerrallaan. Lehmiä tarkkailtiin käytännöllisistä ja kustannuksellisista syistä vain kello 6 - 18 välillä. Jokaisen lehmän osalta tarkkailua tehtiin kaksi kertaa kello 6 - 18 välisenä aikana tarkkailuajankohtaa kohden. Käyttäytymistarkkailuna oli intervallitarkkailu. Lehmien käyttäytymiset merkittiin muistiin viiden minuutin välein. Käyttäytymistarkkailuksi valittiin intervallitarkkailu, sillä sen avulla voidaan tarkkailla monien eläinten käyttäytymistä yhtäaikaisesti. Jatkuva tarkkailu määrittää parhaiten milloin käyttäytymistoiminto alkaa ja päättyy. Intervallitarkkailun avulla voidaan päästä sitä tarkempaan tietoon käyttäytymisten

alkamis- ja päättymisajoista, mitä lyhyempi intervalliväli on (Martin ja Bateson 1993). Viiden minuutin intervalliväli riitti hyvin käyttäytymisten seuraamiseen, sillä suurta tarkkuutta toimintojen loppu- ja alkuajoista ei tarvittu, vaan tarkoituksena oli vertailla kahden ryhmän käyttäytymistoimintojen esiintyvyyttä.



Kuva 2. Lehmien tarkkailujen rakennekaavio. Lehmiä tarkkailtiin keskimäärin 29, 63 ja 83 vuorokautta poikimisen jälkeen. Tarkkailuajankohdan sisällä tarkkailuja tehtiin 3 - 4 vuorokauden aikana kolmen tunnin jaksoissa niin, että tarkkailuja tehtiin yhteensä kahtena kello 6 - 18 välisenä aikana.

Tarkkailussa huomioitiin yhteensä 15 erilaista käyttäytymistoimintoa (taulukko 3). Tarkkailijoita oli yksi, tarkkailuprotokolla tallennettiin Observer 5.0 ohjelmalla ja käyttäytymistoimintoja merkittiin muistiin Psion käsitallentimella. Tarkkailu suoritettiin kymmenelle lehmälle kerrallaan. Lehmät, joiden poikimapäivä oli lähellä toisiaan, sijoitettiin samaan tarkkailuryhmään.

Taulukko 3. Tallennetut käyttäytymiset ja niiden määritelmät.

Käyttäytyminen	**Lyhenne**	**Määritelmä**
Seisoo	d	Seisoo ilman muuta havaittavaa toimintaa
Seisoo ja märehtii	e	Seisoo ja jauhaa suulla muualla kuin syöntipaikalla
Seisoo ja pyörittää kieltä	g	Seisoo ja pyörittää kieltä
Seisoo ja jonottaa	f	Seisoo jonottaa väkirehuasemalle. Seisoo kahden metrin etäisyydellä väkirehuaseman sisääntuloaukosta tekemättä muuta havaittavaa toimintoa.
Seisoo ja muu toiminto	r	Seisoo ja toimii aktiivisesti jollakin tavalla: sosiaalinen käyttäytyminen, lajitovereiden tai itsensä rapsuttaminen, ulostaminen/virtsaaminen, makuulle laskeutuminen.
Makaa pää ylhäällä	a	Makaa pää ylhäällä
Makaa pää alhaalla	c	Makaa niin että niska on rentona. Pää on tuettuna johonkin.
Makaa ja märehtii	b	Makaa ja jauhaa suullaan.
Makaa ja pyörittää kieltä	o	Makaa ja pyörittää kieltä.
Makaa ja muu toiminto	n	Makaa ja tekee jotain: sosiaalinen käyttäytyminen, rakenteiden tai kehon nuoleminen.
Kävelee	m	Kävelee tai peruuttaa
Lypsy	p	Lehmä lypsyaseman puolella
Syö väkirehua	j	Lehmä väkirehuasemassa
Syö säilörehua	k	Lehmä syö säilörehuasemalla
Juo	l	Lehmä juo; huulet juomakupin vedenpinnalla
Miss data		Lehmää ei löytynyt ajanhetkellä

2.7 Näytteiden keruu ja analysointi

Kokeessa käytettyjen rehujen näytteet analysoitiin MTT:n Kotieläintuotannon tutkimuksen laboratoriossa. Säilörehusta tehtiin kuiva-ainemääritys kokeen alussa ja tämän jälkeen kaksi kertaa viikossa. Kuiva-ainemääritys tehtiin myös rehuerän vaihtuessa. Säilörehusta otettiin kaksi kertaa viikossa näytteet, jotka kerättiin pakasteeseen jaksonäytteiksi. Jakson pituus oli 3 viikkoa. Tämän jälkeen näyte sulatettiin ja sekoitettiin. Jaksonäytteistä analysoitiin pH, primäärinen ja sekundäärinen kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, NDF, *in vitro* - sellulaasisulavuus, liukoinen typpi, ammoniumtyppi, pelkistävät sokerit, maitohappo, haihtuvat rasvahapot (Volatile Fatty Acids eli VFA) ja etanoli.

Väkirehuista kerättiin jaksonäytteet perjantaisin ja tiistaisin. Jakson pituus oli 6 viikkoa. Väkirehunäytteistä analysoitiin primäärinen ja sekundäärinen kuiva-aine, tuhka, HCl-rasva, raakavalkuainen, NDF, happodetergentti menetelmällä määritetty kuitu (Acid detergent fiber eli ADF) ja tärkkelys.

Maitoanalyysit tehtiin MTT Biotekniikka- ja elintarviketutkimuksen (BEL) laboratoriossa, lukuunottamatta ureapitoisuutta, joka määritettiin MTT Kotieläintuotannon laboratoriossa. Maitomäärä rekisteröitiin jokaiselta lypsykerralta. Maitonäytteet otettiin kahden viikon välein lypsyasemalta yhtenä päivänä aamu- ja iltamaidosta. Jokaisesta yksittäisestä maitonäytteestä määritettiin rasva, valkuainen, laktoosi ja solut. Urea määritettiin vain joka toisen näytteenottokerran näytteistä. Urea määritettiin McCulloughin (1967) kokeessa esitetyllä analyysimenetelmällä. Energiakorjattu maitomäärä (EKM) laskettiin Sjaunjan ym. (1991) mukaan. Maidon raakaproteiini, rasva ja laktoosianalyysit tehtiin Milko-Scan 605 analysaattorilla (Foss Electric, Hillerød, Tanska). Pitoisuudet laskettiin painotettuna keskiarvona aamu- ja iltamaidosta.

Säilörehunäytteistä määritettiin kuiva-ainepitoisuus pitämällä ne 105°C:n lämmössä 20 tunnin ajan. Säilörehun kuiva-aine korjattiin haihtuvien aineosien perusteella Huidan ym. (1986) mukaan. Orgaaninen aines määritettiin erottamalla aineksesta tuhka. Tuhka määritettiin pitämällä näytettä 600°C:n lämmössä 18 tunnin ajan. Raakaproteiinipitoisuus määritettiin Dumasin typpianalysaattorilla (Leco FP-428; Leco Corporation, St Joseph, MI, USA). NDF määritettiin Van Soestin ym. (1991) mukaan, maitohappopitoisuus Barkerin ja Summersonin (1941) mukaan ja NH_3-N pitoisuus McCulloughin ym. (1967) mukaan. Säilörehun D-arvo määritettiin *in vitro* -sulavuutena sellulaasimenetelmällä (Nousiainen ym. 2003). Väkirehunäytteistä analysoitiin HCl-rasva (AOAC 1990) sekä tärkkelys (McCleary ym. 1994).

2.8 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi

2.8.1 Rehuarvojen laskeminen

Rehuarvot laskettiin Rehutaulukot ja ruokintasuositukset (MTT 2004) mukaan. Säilörehusta tehdyn *in vitro* sulavuuden perusteella laskettiin rehun energia-arvo muuntokelpoisena energiana, ja rehuyksikköarvo laskettiin jakamalla ME-arvo luvulla 11,7 MJ ME.

D-arvo: Sulavaa orgaanista ainetta kuiva-aineessa.

ME(MJ) = 0,16* D-arvo (%)

Säilörehun OIV ja PVT -arvot laskettiin D-arvon ja raakavalkuaispitoisuuden perusteella (MTT 2004).

OIV (g/kg ka) = 11.4 + 0.092 D-arvo (g/kg ka) + 0.067 RV (g/kg ka)
PVT (g/kg ka) = -19.1 - 0.154 D-arvo (g/kg ka) + 0.871 RV (g/kg ka)

Väkirehujen rehuarvot laskettiin komponenttien osuuksien, niiden rehutaulukkoarvojen ja määritettyjen analyysien perusteella.

2.8.2 Rehun syönti ja maidontuotanto

Säilörehun syöntitiedot saatiin vaakakuppien syöntimäärien ja syöntiaikojen perusteella. Järjestelmä rekisteröi jokaisen syöntikäynnin kohdalla aloitus- ja lopetusajan sekä aloitus- ja lopetusrehumäärän kupissa. Aineistosta karsittiin virheellisen suuret ja negatiiviset syöntiajat ja määrät, jotka voivat johtua tilapäisistä häiriöistä. Myös alle 50 gramman syönnit poistettiin, sillä niiden ei katsottu edustavan todellisia syöntikäyntejä. Syöntikäynnit kupeilla määritettiin yhdeksi syöntikerraksi, jos syöntikäyntien välinen aika oli viisi minuuttia tai sen alle. Rehun syöntimäärän ja ajan perusteella laskettiin syöntinopeus.

Jokaiselle koelehmälle laskettiin rehunkulutus- ja maitotuotostiedoista viikkokeskiarvot, joita käytettiin tulosten testaamisessa. Maidontuotanto- ja syöntitulokset analysoitiin SAS-ohjelmalla käyttäen Mixed proseduuria ja REML - estimointimenetelmää. Mallissa

oli kiinteinä tekijöinä ruokintaryhmä, maidontuotantokauden viikko, ruokintaryhmä*maidontuotantokauden viikko, poikimakerta sekä lehmän maito-, rasvaprosentti-, rasvakilo-, valkuaisprosentti- tai valkuaiskiloindeksi syksyn 2005 arvosteluissa. Ensikon kohdalla käytettiin vanhempien indeksien keskiarvoa.

2.8.3 Käyttäytyminen

Eläimistä määritettiin ryhmien välille parit, joiden poikimakerta ja poikima-aika olivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Osa käyttäytymisistä yhdistettiin tuloksia analysoitaessa. Toiminnot a, b, c, n ja o yhdistettiin yhdeksi toiminnoksi "makaa", sekä d, e, f, g, r ja m toiminnoksi "seisoo". "Märehtii" toiminto yhdistettiin käyttäytymisistä b ja e. Toimintoja, joiden esiintyvyys oli hyvin harvinaista, ei tarkasteltu yksittäin. Ne liitettiin kuitenkin yhdistettyihin toimintoihin (toiminnot g ja o). Tilastollisten ajojen yksikkönä oli käyttäytymishavainnot ajankohtaa kohden (ajankohtana 12 tuntia*2 eli yhteensä 24 tuntia). Intervallihavainnot muunnettiin havainnollistamaan minuutteja kertomalla ne viidellä.

Tilastollinen analyysi tehtiin SAS-ohjelmiston avulla käyttäen Mixed proseduuria ja REML –estimointimenetelmää. Mallissa oli kiinteinä tekijöinä käsittely, tarkkailujakso ja niiden yhdysvaikutus. Koejärjestelyjen takia satunnaisluonteisina tekijöinä oli pari, ajankohta*pari –yhdysvaikutus sekä käsittely*pari – yhdysvaikutus. Käsittely*pari - yhdysvaikutus identifioi eläimen, kun toistomittausten kovarianssi-varianssimatriisia mallitettiin.

3. Tulokset

3.1 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot

Rehujen kemiallisten koostumuksien keskiarvot koko kokeen ajalta on esitetty taulukossa 4. Säilörehun laatu oli kemiallisen koostumuksen ja rehuarvojen perusteella hyvä. Artturi rehuanalyysitulkinnan mukaan D-arvo, pH, ammoniumtypen osuus ja maitohapon määrä eivät ylittäneet ruokinnallista riskiä nostavia raja-arvoja (Artturi 2007). Väkirehun NDF-pitoisuus oli 278, tärkkelyspitoisuus 257 ja raakavalkuaispitoisuus 192 g/kg ka. Tärkkelyksen määrä väkirehussa oli kohtuullinen, sillä väkirehu sisälsi kuitupitoisia sivutuotteita kuten leseseosta ja leikettä.

Taulukko 4. Rehujen kemiallinen koostumus ja lasketut rehuarvot

	Säilörehu[1]	**Väkirehu**
Kuiva-aine, g/kg	248,8	888,3
Kuiva-aineessa, g/kg		
Tuhka	73,5	73,3
Raakavalkuainen	146,5	191,7
Raakarasva	-	48,3
NDF	533,1	277,6
ADF	ei määritetty	136,0
Tärkkelys	-	257,4
D-arvo, %	67,9	
pH	3,97	
Ammoniumtyppi, g/kg N	58	
Maitohappo, g/kg ka	69	
Sokeri, g/kg ka	57	
Rehuarvot		
RY/kg ka	0,93	1,01
ME, MJ/kg ka	10,9	11,9
OIV, g/kg ka	83,6	107,1
PVT, g/kg ka	4,0	20,5

[1]Keskiarvo kokeen säilörehuista
ADF = Happodetergenttikuitu
NDF = Neutraalidetergenttikuitu
RY = Rehuyksikkö
D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa
ME = Muuntokelpoinen energia
OIV = Ohutsuolessa imeytyvä valkuainen
PVT = Pötsin valkuaistase

3.2 Rehujen syönti

Säilörehun syönti väheni (P<0,01) ja kuiva-aineen kokonaissyönti lisääntyi (P<0,001), kun väkirehun määrä oli suurempi (taulukko 5). Päivittäinen energian, OIV:n, raakavalkuaisen ja tärkkelyksen saanti oli runsaampaa enemmän väkirehua saaneiden lehmien ryhmässä (P<0,001). NDF:n saanti ei poikennut ryhmien välillä (P < 0,10). Väkirehun syönti päivässä oli keskimäärin MVR-ryhmässä 10,1 kg ka ja KVR-ryhmässä 13,8 kg ka, eli ero väkirehun keskimääräisessä syönnissä oli huomattava. Väkirehun kuiva-aineen osuus kuiva-aineen syönnistä oli keskimäärin 52 % (MVR) ja 64 % (KVR).

Taulukko 5. Koelehmien syönti ja ravintoaineiden saanti eri ruokinnoissa

	Alhaisempi väkirehutaso	**Korkeampi väkirehutaso**	**SEM[2]**	**Tilastollinen merkitsevyys[1]**
Kuiva-aine, kg/pv	19,5	21,6	0,34	***
Väkirehu, kg ka/pv	10,1	13,8		ei määritetty
Väkirehu, kg/pv	11,4	15,5	0,06	ei määritetty
Säilörehu, kg ka/pv	9,4	7,9	0,36	**
Ry/pv	19,0	21,2	0,33	***
Raakavalkuainen, kg/pv	3,35	3,82	0,053	***
OIV, kg/pv	1,88	2,14	0,029	***
NDF, kg/pv	7,85	8,05	0,210	-
Tärkkelys, kg/pv	2,59	3,51	0,019	***

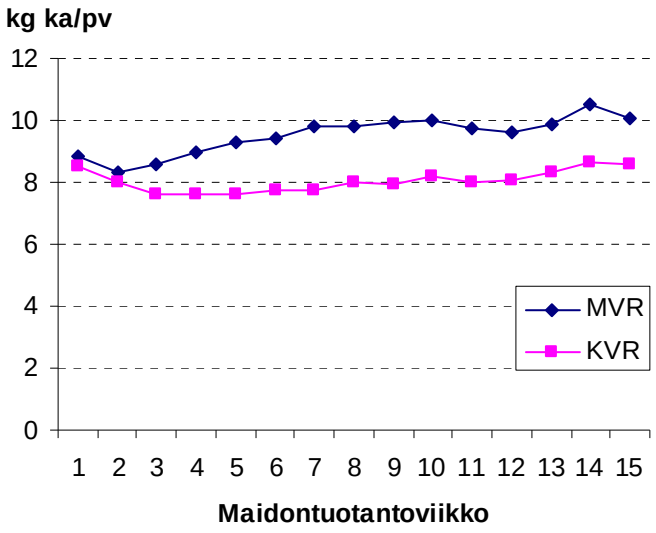
[1] o p< 0.10; * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001, - ei tilastollista merkitsevyyttä
[2]SEM=keskiarvon keskivirhe
NDF = Neutraalidetergenttikuitu
RY = Rehuyksikkö
OIV = Ohutsuolessa imeytyvä valkuainen

Taulukko 6. Säilörehun syöntiaika ja syöntikerrat

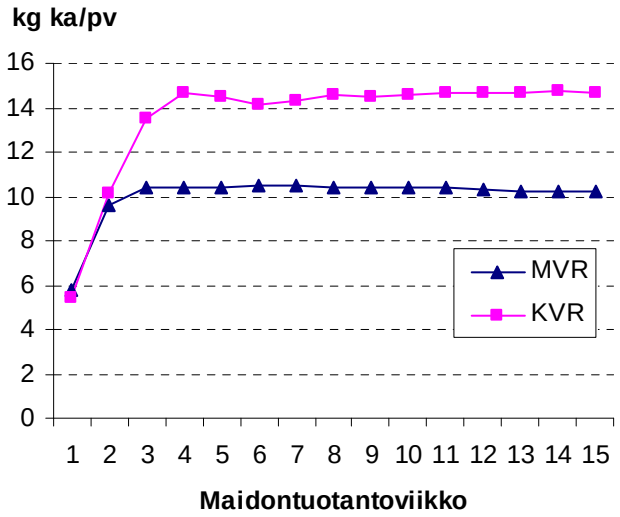
		Matala väkirehu-taso	Korkea väkirehu-taso	SEM[2]	Tilastollinen merkitsevyys[1]		
					Väkirehun määrä	Maidontuo-tantoviikko	Yhdys-vaikutus
Syöntimäärä	kg/pv	39,2	33,2	1,44	**	*	*
	kg ka/pv	9,27	7,85	0,319	**	**	◦
Syöntiaika	min/pv	142	107	5,5	***	***	
Syöntikerrat	kerta/pv	11,9	11,7	0,60		***	**
	min/kerta	12,90	9,71	0,534	***	***	
	kg/kerta	3,67	3,02	0,256	◦	***	(P=0,14)
	kg ka/kerta	0,87	0,72	0,063	◦	***	
Syöntinopeus	g/min	290	319	13,6		***	
	g ka/min	68,7	75,5	3,21		***	
	min/kg	3,67	3,29	0,154	◦	***	
	min/kg ka	15,5	13,9	0,65	◦	***	

[1] o P< 0.10; * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001.
[2]SEM=keskiarvon keskivirhe

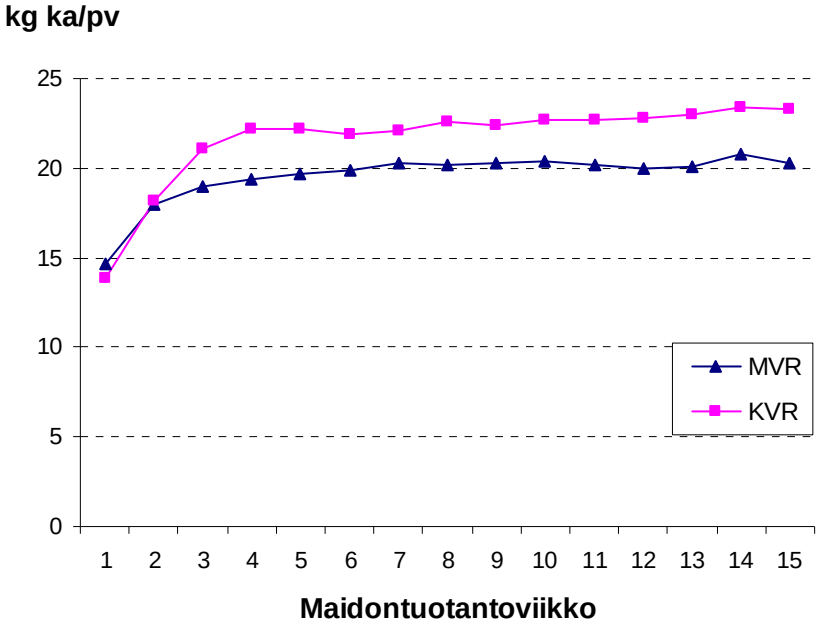
Taulukossa 5 säilörehun syönti poikkeaa hieman taulukon 6 arvosta. Tämä johtuu siitä, että säilörehun syönti taulukossa 6 on laskettu lehmien yksittäisten syöntikertojen summana vaakakuppiaineistosta. Taulukon 5 arvot on laskettu säilörehun jakomäärän ja päivittäisen jäännösrehun erotuksena.



Kuvio 1. Säilörehun syönnin kehittyminen poikimisen jälkeen (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)



Kuvio 2. Väkirehun syönnin kehittyminen poikimisen jälkeen (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

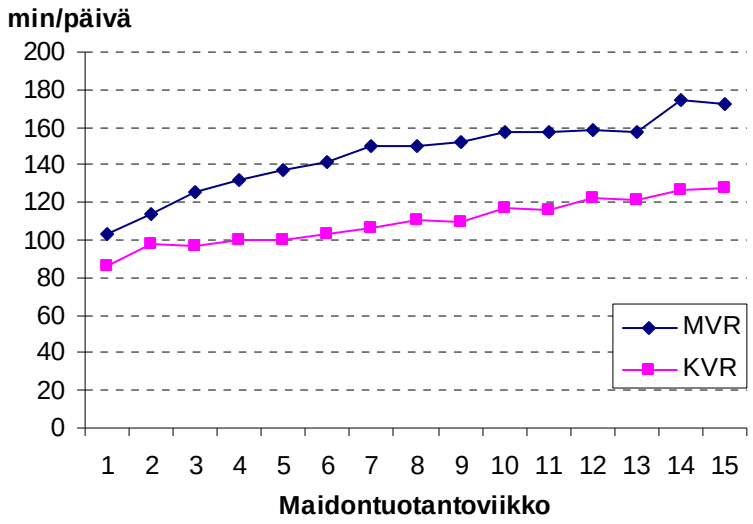


Kuvio 3. Kuiva-aineen syönnin kehittyminen poikimisen jälkeen. (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

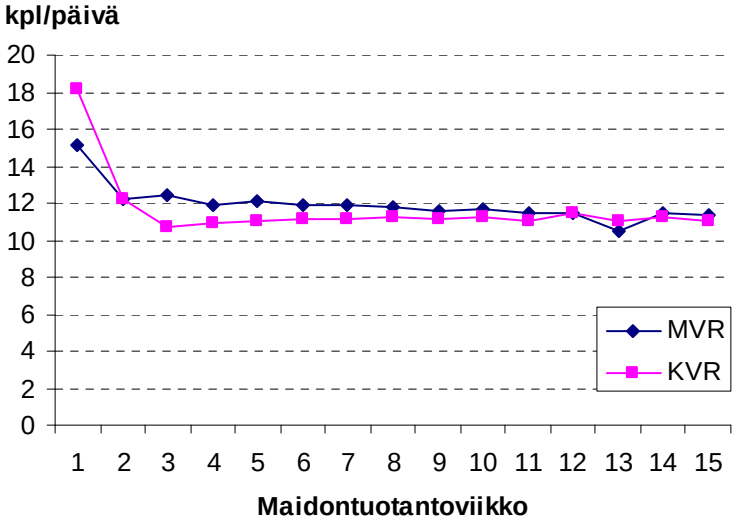
Säilörehun syöntimäärä oli KVR-ryhmässä 84 % MVR-ryhmän syöntimäärästä. MVR-ryhmä söi säilörehua keskimäärin 1,42 kg ka enemmän kuin KVR-ryhmä (P<0,001) (taulukko 6). Säilörehun kuiva-aineen syöntiin vaikutti sekä väkirehun määrä (P<0,01) että lypsykauden vaihe (P<0,001) (Kuvio 1). Syönti väheni toisella poikimisen jälkeisellä viikolla. MVR-ryhmässä syönti lisääntyi tämän jälkeen lypsykauden edetessä, kun se KVR-ryhmässä pysyi tasaisesti samalla tasolla seitsemänteen viikkoon ja lisääntyi sen jälkeen loivasti. Ajan ja ruokinnan välinen yhdysvaikutus oli hyvin lähellä merkitsevää (P=0,06).

Väkirehun syönti lisääntyi poikimisen alussa herutuksen seurauksena. Väkirehun syönnissä ei ollut ryhmien välistä eroa toiseen maidontuotantoviikkoon saakka. Määrien ero oli kuitenkin selvä jo maidontuotantoviikolla 3 (kuvio 2).

Kuiva-aineen kokonaissyönti oli KVR-ryhmässä keskimäärin 2,1 kg ka suurempi kuin MVR-ryhmässä (taulukko 5). Kuiva-aineen kokonaissyönti lisääntyi lypsykauden edetessä. Kuiva-aineen syönti lisääntyi yhtä paljon molemmissa ruokintaryhmissä viikkoon 2 saakka, mutta viikosta 3 lähtien KVR-ryhmän syönti oli MVR-ryhmän syöntiä runsaampi (kuvio 3).



Kuvio 4. Säilörehun syöntiajan kehittyminen poikimisen jälkeen (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

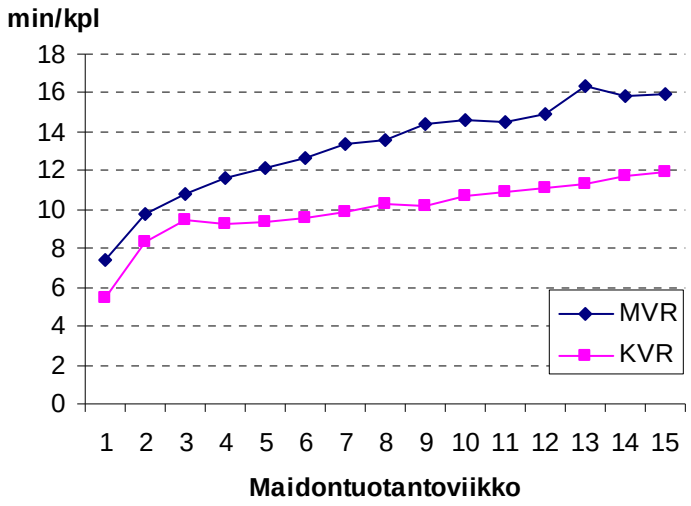


Kuvio 5. Syöntikertojen määrä maidontuotantokauden edetessä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

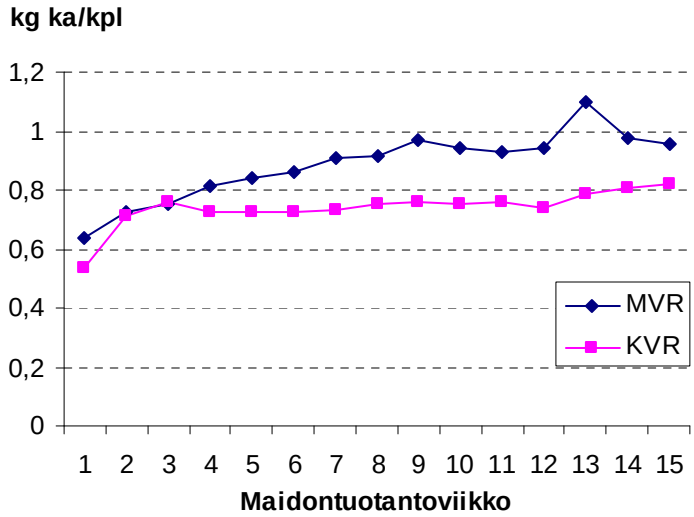
Säilörehun päivittäinen syöntiaika oli 35 minuuttia pidempi MVR-ryhmässä (P<0,001) verrattuna KVR ryhmään (taulukko 6). KVR-ryhmän syöntiaika oli vain 75 % MVR-ryhmän syöntiajasta. Syöntiaika lisääntyi lypsykauden edetessä molemmissa ryhmissä (P<0,001) (kuvio 4).

MVR ja KVR-ryhmien syöntikertojen lukumäärät eivät poikenneet merkitsevästi toisistaan. Keskimäärin syöntikertoja oli noin 12 päivässä (taulukko 6). Syöntikertojen määrä oli hyvin tasainen lukuun ottamatta kolmea ensimmäistä poikimisen jälkeistä viikkoa (kuvio 5). Ensimmäisenä viikkona poikimisen jälkeen KVR-ryhmässä eläimet söivät jopa 18 kertaa

vuorokaudessa. MVR-ryhmän eläimet söivät vastaavana ajankohtana 15 kertaa päivässä. Molemmissa ryhmissä syöntikertojen määrä tasaantui noin 12 kertaan päivässä. KVR-ryhmän jyrkempi syöntikertojen väheneminen lypsykauden alussa aiheutti merkitsevän ajan ja ruokinnan yhdysvaikutuksen (P<0,01). Tämä johtuu kuitenkin satunnaisista tekijöistä, sillä ryhmien väkirehun määrä ei poikennut ryhmien välillä ensimmäisten viikkojen aikana. Lypsykauden vaiheen vaikutus syöntikertoihin oli merkitsevä, sillä kerrat vähenivät jyrkästi ensimmäisinä viikkoina (P<0,001) (kuvio 5).



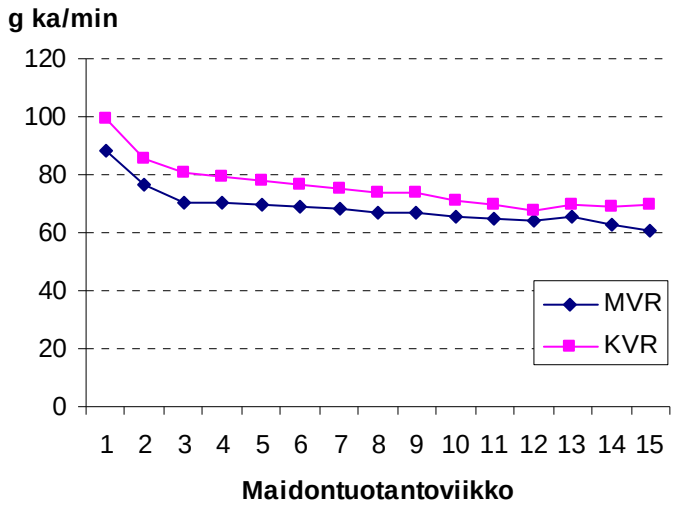
Kuvio 6. Syöntiajan kehittyminen syöntikertaa kohden (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)



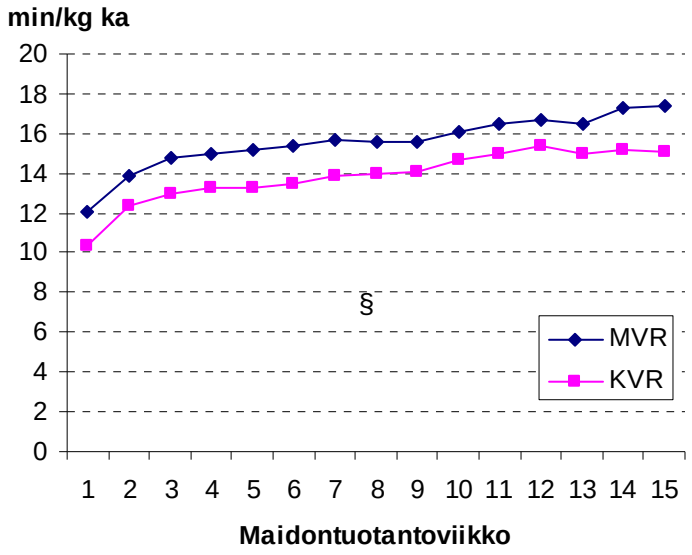
Kuvio 7. Säilörehun syönti (kg ka) syöntikertaa kohden maidontuotantokauden edetessä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

MVR-ryhmän eläinten syöntijaksot olivat keskimäärin 3 minuuttia pidempiä kuin KVR-ryhmän (P<0,001). KVR-ryhmän syöntiaika syöntikertaa kohden oli noin 75 % MVR-ryhmään verrattuna (taulukko 6). Syöntiaika lisääntyi syöntikertaa kohden lypsykauden edetessä molemmissa ryhmissä (kuvio 6). Sekä rehun että maidontuotantokauden vaikutus oli merkitsevä (P<0,001).

MVR-ryhmässä oli suurempi syöntimäärä syöntikertaa kohden (P<0,10). KVR-ryhmän syöntimäärä syöntikertaa kohden oli 83 % MVR-ryhmän syöntimäärästä (taulukko 6). Säilörehun kuiva-aineen syönti syöntikertaa kohden lisääntyi lypsykauden edetessä (P<0,001) (kuvio 7).



Kuvio 8. Syöntinopeus (g ka/min) maidontuotantokauden edetessä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)



Kuvio 9. Säilörehun (kg kuiva-ainetta) syöntiin käytetty aika eri ryhmissä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

Säilörehun syöntinopeus oli KVR ryhmässä numeerisesti korkeampi kuin MVR-ryhmässä (P=0,14) (taulukko 6). Säilörehun syönti oli nopeinta lypsykauden alussa, mutta hidastui lypsykauden edetessä (P<0,001) (kuvio 8).

Säilörehun kuiva-ainekilon syöntiin kului enemmän aikaa MVR-ryhmässä kuin KVR-ryhmässä (P<0,01) (taulukko 9). Yhden kuiva-ainekilogramman syöntiin kului enemmän aikaa lypsykauden edetessä (P<0,001)) (kuvio 9).

3.3 Käyttäytyminen

3.3.1 Väkirehumäärän ja lypsykauden vaiheen vaikutus

Ruokinta ei vaikuttanut merkitsevästi makaamiseen käytettyyn aikaan. Joitakin numeerisia eroja voitiin havaita, kun makaaminen jaoteltiin makaamiseen pää ylhäällä, makaamiseen märehtien ja makaamiseen pää alhaalla (taulukko 7). KVR-ryhmä makasi pää ylhäällä keskimäärin 20 min pidempään tarkkailupäivän aikana (P=0,12). Makaaminen märehtien oli taas yleisempää MVR-ryhmässä (17 minuuttia pidempi kuin KVR-ryhmässä tarkkailupäivän aikana) (P=0,14). Tarkkailuajankohta ei vaikuttanut siihen, kuinka kauan edellämainittuja makaamistoimintoja esiintyi tarkkailupäivän aikana (taulukko 8). Väkirehun määrä ei vaikuttanut makaamiseen pää alhaalla, mutta tämä toiminto väheni merkitsevästi (P<0,05), kun lypsykauden vaihe eteni. Tarkkailun ajankohta vaikutti myös ”makaaminen ja muu käyttäytyminen” (sosiaalinen käyttäytyminen, rakenteiden nuoleminen maatessa) toimintaan (P<0,05) (taulukko 8), vaikka selvää suuntausta toiminnon lisääntymiseen tai vähenemiseen ei pystytty havaitsemaan lypsykauden edetessä.

Käyttäytymisjakso ja ruokinta eivät vaikuttaneet seisomiskäyttäytymiseen. Ruokintaryhmä tai tarkkailuajankohta eivät vaikuttaneet passiiviseen seisomisaikaan eikä seisomiseen märehtien. Jonotusaika väkirehuasemalle oli pidempi MVR-ryhmässä (P=0,13). Ruokinnan ja tarkkailuajankohdan välillä oli yhdysvaikutusta (P<0,05). Väkirehuasemalle jonotukseen käytetty aika piteni KVR-ryhmässä lypsykauden edetessä, kun se pysyi MVR-ryhmässä tasaisena ajankohdasta riippumatta. Viimeisen ajankohdan aikana jonotusaika lyheni hieman MVR-ryhmässä. Seisominen ja muu toiminto esiintyi numeerisesti useammin MVR-ryhmässä (P=0,13). Lypsykauden edetessä seisomiseen ja muuhun toimintoon käytetty aika lyheni molemmissa ryhmissä (P<0,01). Kävelyaika ei poikennut merkitsevästi väkirehuryhmien välillä, eikä kävelyyn käytetty aika muuttunut eri tarkkailuajankohtina.

KVR-ryhmän lehmät olivat 30 minuuttia kauemmin lypsyalueella (P<0,001) kuin MVR-ryhmän lehmät. MVR-ryhmän lypsyllä tai kokooma-aulassa viettämä aika oli siis vain 70 % KVR-ryhmän vastaavaan aikaan. Lypsyaika ei muuttunut tarkkailuajankohdan mukaan.

KVR-ryhmän väkirehun syöntiaika oli 4 min/12 h pidempi kuin MVR-ryhmän (P=0,15). Säilörehun syöntiaika KVR-ryhmässä oli keskimäärin 28 minuuttia lyhyempi tarkkailupäivän aikana kuin MVR-ryhmässä (P<0,001). Säilörehun syönti näytti lisääntyvän lypsykauden

edetessä ja tulos lähestyi merkitsevää (P=0,08). Säilörehun syöntiajalla ja lypsykauden vaiheella oli yhdysvaikutusta (P<0,05). MVR-ryhmässä säilörehun syöntiaika saavutti huippunsa toisessa tarkkailujaksossa (n. 2 kk poikimisesta). KVR-ryhmässä säilörehun syönti väheni toiseen tarkkailujaksoon, mutta lisääntyi taas kolmannessa tarkkailujaksossa. Tämä tulos oli ristiriitainen vaakakuppiaineistosta saatuihin tuloksiin, jossa säilörehun syöntiaika lisääntyi lypsykauden edetessä molemmissa ruokintaryhmissä.

Märehtimistoimintoa esiintyi vähemmän KVR-ryhmässä, kun märehtiminen seisoen ja märehtiminen maaten yhdistettiin märehtimiseksi (P=0,07). KVR-ryhmässä märehtimisen osuus oli laskennallisesti 19 minuuttia lyhyempi tarkkailupäivää kohden kuin MVR-ryhmässä (KVR-ryhmän märehtimisaika oli 89 % MVR-ryhmän märehtimisajasta).

Taulukko 7. Käyttäytymisen esiintyvyys ruokintaryhmän sisällä (min / 12 h).

Ruokinta	Matala väkirehutaso	Korkea väkirehutaso	Tilastollinen merkitsevyys
Makaaminen pää ylhäällä (a)	131	151	P=0,12
Makaaminen ja märehtiminen (b)	128	111	P=0,14
Makaaminen pää alhaalla (c)	40	46	
Seisominen passiivisesti (d)	96	100	
Seisominen ja märehtiminen (e)	46	45	
Jonotus väkirehuasemalle(f)	34	26	P=0,13
Väkirehun syöminen (j)	25	29	P=0,15
Säilörehun syöminen (k)	76	48	***
Kävely (m)	29	26	
Makaaminen ja toiminto (n)	6	5	
Lypsy (p)	70	100	***
Seisominen ja toiminto (r)	32	27	P=0,13
Seisominen (d+e+f+g+r+m)	240	224	
Makaaminen (a+b+c+n+o)	305	313	
Märehtiminen (b+e)	174	156	o

[1] o P< 0.10; * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001.

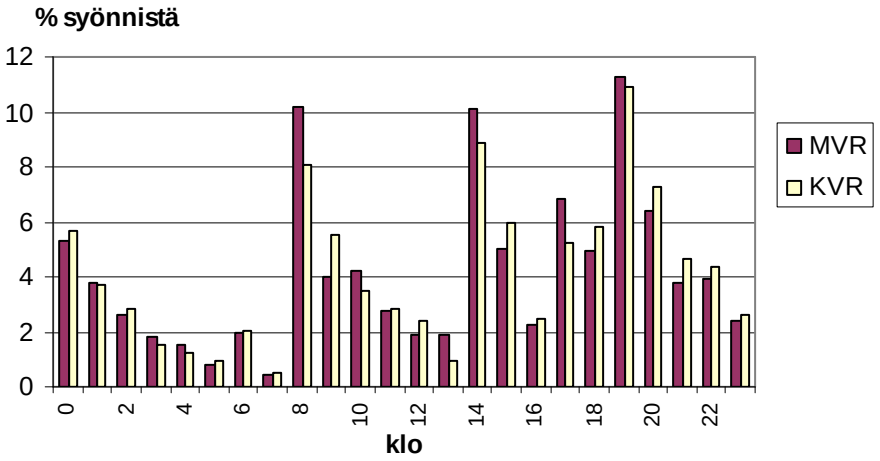
Taulukko 8. Toiminnot eri ajankohtina ja lypsykauden vaiheen merkitys käyttäytymisen esiintyvyyteen (Käyttäytymishavainnot kpl / 24 h).

Ruokinta	Matala väkirehutaso			Korkea väkirehutaso			SEM minimi-maksimi	Tilastollinen merkitsevyys		
Ajankohta, kuukautta poikimisesta	1	2	3	1	2	3		Ruokinta	Ajankohta	Yhdysvaikutus
Makaaminen pää ylhäällä (a)	51,9	52,7	52,6	57,1	62,0	61,7	3,33-5,20	P=0,12		
Makaaminen ja märehtiminen (b)	48,6	50,7	54,2	44,6	42,5	45,7	4,14-4,50	P=0,14		
Makaaminen pää alhaalla (c)	20,0	13,5	14,2	20,6	19,3	14,8	1,83-2,57		*	*
Seisominen passiivisesti (d)	38,3	38,3	38,0	43,0	36,1	40,2	3,43-3,76			
Seisominen ja märehtiminen (e)	21,9	16,1	17,4	18,8	17,6	16,9	2,88-3,11			
Jonotus väkirehuasemalle(f)	13,8	14,4	12,6	8,2	9,8	13,1	1,94-2,09	P=0,13		*
Väkirehun syöminen (j)	9,3	10,3	10,3	11,6	11,1	11,5	0,94-1,03	P=0,15		
Säilörehun syöminen (k)	26,3	32,5	32,2	19,4	17,5	21,0	1,59-2,21	***	P=0,08	*
Kävely (m)	11,1	11,1	12,9	9,8	10,9	9,9	1,04-1,42			
Makaaminen ja toiminto (n)	1,7	3,1	2,2	1,4	2,5	1,8	0,57-0,63		*	
Lypsy (p)	28,3	26,8	28,2	39,5	39,6	40,5	2,67-2,83	***		
Seisominen ja toiminto (r)	14,4	14,3	9,1	11,3	12,1	8,5	1,40-1,54	P=0,13	**	

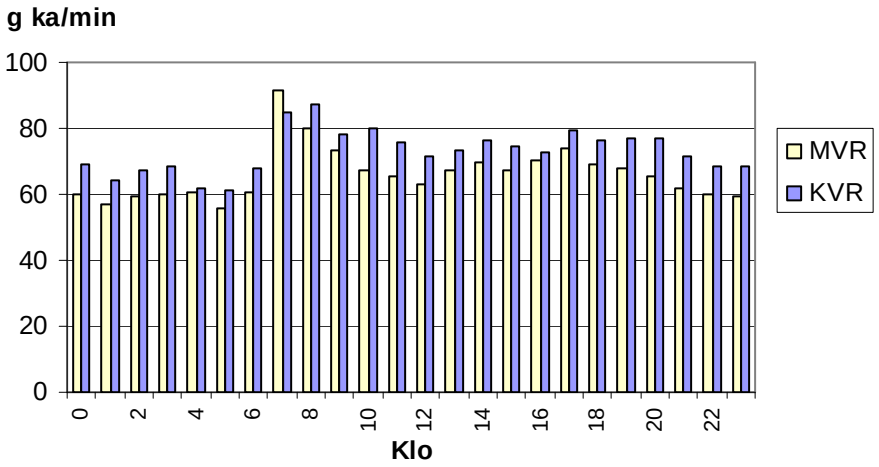
[1] o P< 0.10; * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001.
[2]SEM=keskiarvon keskivirhe

3.3.2 Kuvaileva syöntikäyttäytyminen

Syönnissä oli havaittavissa kolme selvää syöntihuippua, jotka käsittivät kukin erikseen n. 10 - 11 % syönnistä (kuvio 10). Syöntihuippujen ajankohdat olivat noin kello 8, 14 ja 19. Yöllä oli havaittavissa pienempi syöntihuippu, joka oli yli 5 % kokonaissyönnistä. Tämä saavutettiin klo 24 aikaan. MVR-ryhmä söi hieman enemmän syöntihuippujen aikana, lukuun ottamatta yön syöntihuippua. Päivän syöntihuiput ajoittuivat aikoihin, jolloin rehuvaunu oli käynyt lisäämässä säilörehua tai lehmät olivat juuri tulleet lypsyltä. Lypsyn jälkeisten syöntihuippujen hitaampi aleneminen KVR-ryhmässä verrattuna MVR-ryhmään voi johtua siitä, että KVR-ryhmä oleskeli kauemmin lypsyasemalla kuin MVR-ryhmä (kuvio 10).



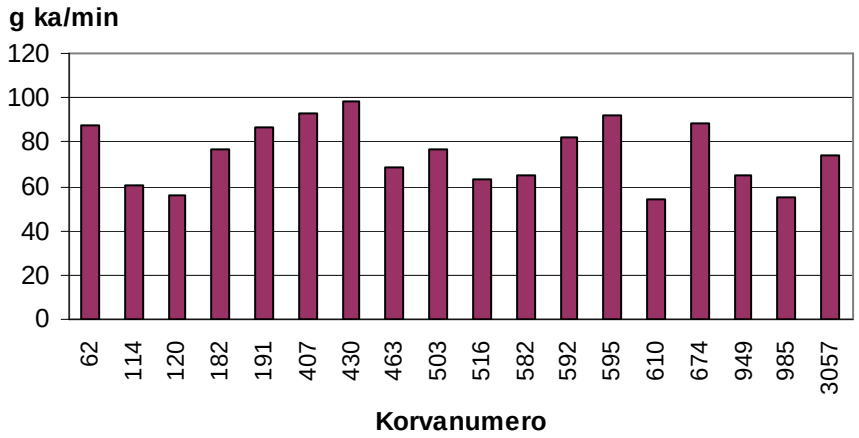
Kuvio 10. Säilörehun syönnin vuorokautinen ajoittuminen (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)



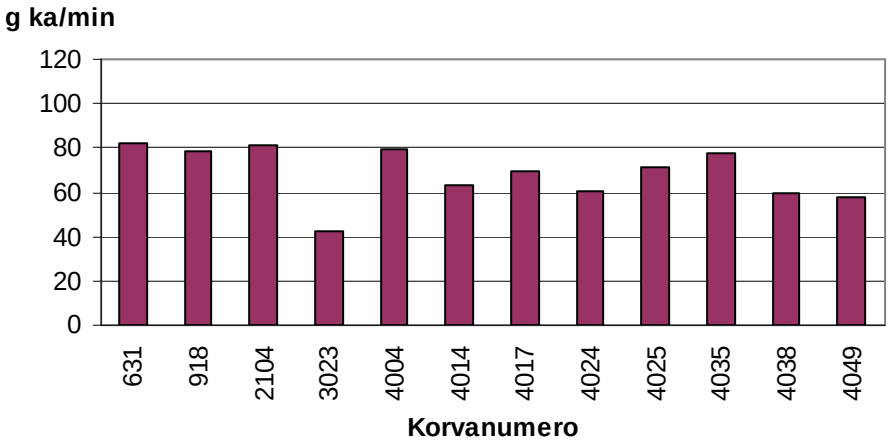
Kuvio 11. Säilörehun syöntinopeus (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

Säilörehun syönti oli KVR-ryhmässä numeerisesti nopeampaa, mutta ero ei ollut merkitsevä. Säilörehun syöntinopeus oli hieman hitaampaa kello 21 - 06 välisenä aikana kuin päivisin (kuvio 11).

Vanhempien lehmien säilörehun syönti oli nopeampaa verrattuna ensikoihin. Ensikoiden syöntinopeus oli keskimäärin 69 g ka/min ja vanhempien lehmien 74 g ka/min. Syöntinopeus vaihteli kuitenkin huomattavasti yksilöiden välillä (kuviot 12 ja 13).



Kuvio 12. Vanhempien lehmien säilörehun syöntinopeus



Kuvio 13. Ensikoiden säilörehun syöntinopeus

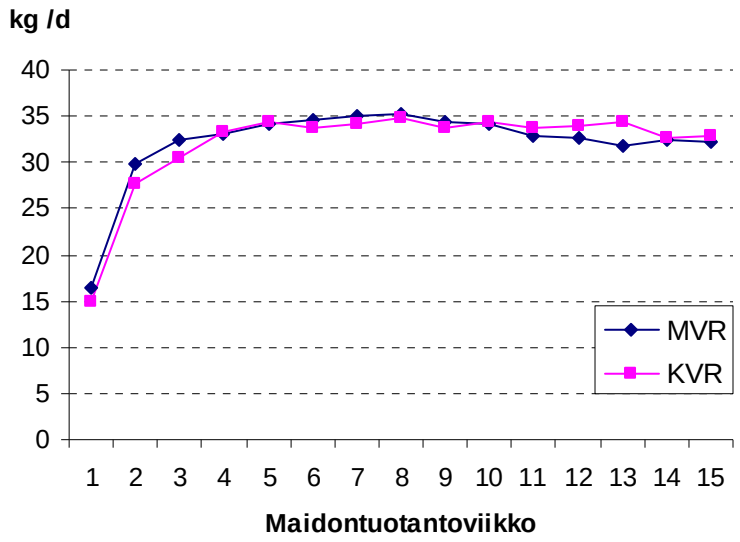
3.4 Tuotantotulokset

Maitotuotos, EKM-tuotos, rasvapitoisuus, valkuaispitoisuus, rasvatuotos, valkuaistuotos ja ureapitoisuus eivät poikenneet eri väkirehutasojen välillä (taulukko 9). Pienempi väkirehumäärä vaikutti edullisesti rehun hyväksikäyttöön. EKM:n tuotos oli suurempi sekä rehuyksikköä että rehun kuiva-ainekiloa kohti ($P<0,05$). Maitovalkuaisen tuotanto rehuvalkuaisesta oli myös edullisempi vähemmän väkirehua saaneessa ryhmässä ($P<0,05$). Maidontuotannon kehittyminen ei myöskään poikennut eri ryhmien välillä (kuvio 14 ja 15).

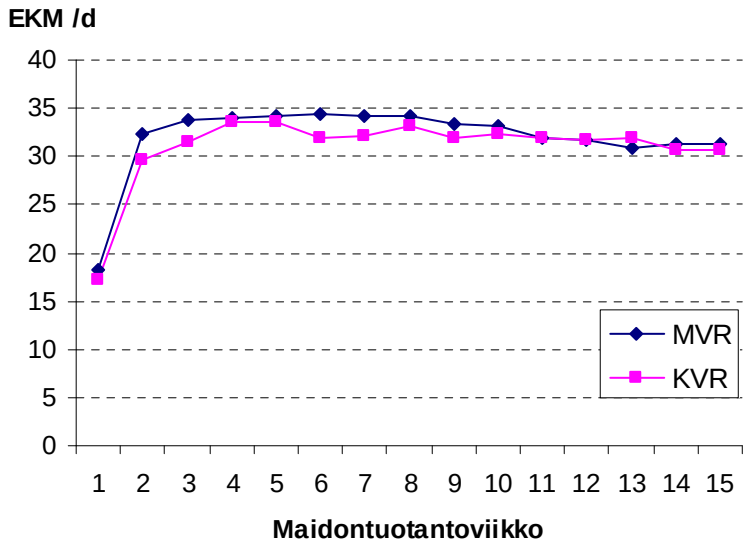
Taulukko 9. Maitotuotos ja maidon pitoisuudet

	Matala väkirehutaso	Korkea väkirehutaso	SEM[2]	Tilastollinen merkitsevyys1
Maito, kg/pv	32,6	32,7	0,93	
EKM, kg/pv	32,5	31,7	1,14	
Rasva, kg/pv	1,29	1,22	0,053	
Valkuainen, kg/pv	1,10	1,06	0,028	
Laktoosi, kg/pv	1,61	1,61	0,044	
Rasva, g/kg	39,9	37,6	1,37	
Valkuainen, g/kg	32,0	32,8	0,50	
Laktoosi, g/kg	49,6	49,5	0,26	
Urea, mg/100ml	22,9	25,3	1,66	
Hyväksikäyttö				
EKM/ry	1,73	1,48	0,070	*
EKM/kg ka	1,69	1,45	0,070	*
Maitovalkuainen/rehuvalk., g/g	0,31	0,28	0,010	*

[1] o P< 0.10; * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001.
[2]SEM=keskiarvon keskivirhe
EKM=energiakorjattu maitotuotos



Kuvio 14. Maidontuotannon kehittyminen eri ruokintaryhmissä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)



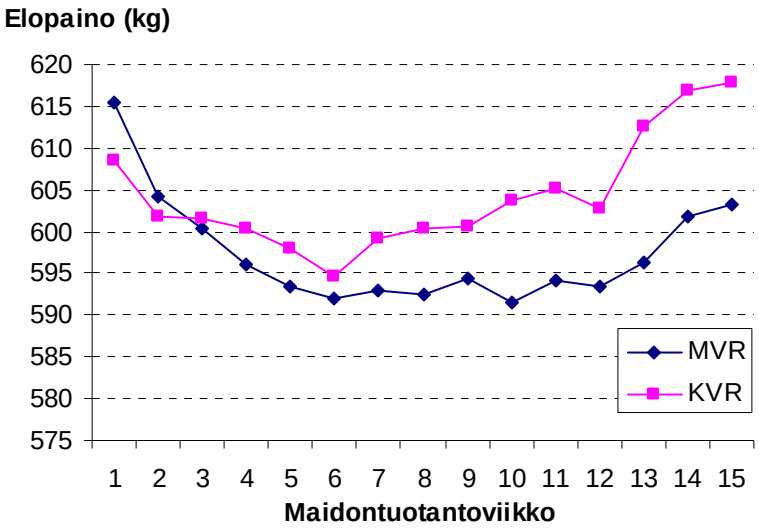
Kuvio 15. Maidontuotannon (EKM) kehittyminen eri ruokintaryhmissä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

3.5 Elopaino ja kuntoluokka

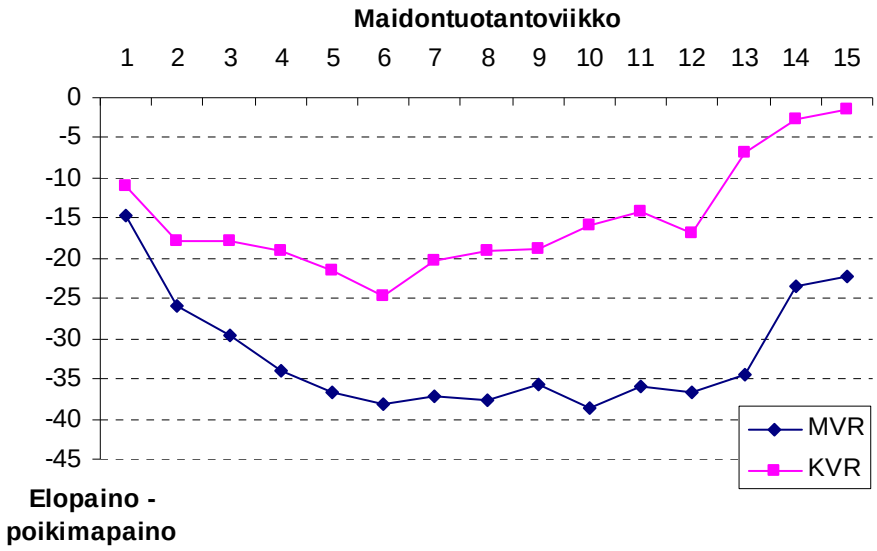
Lehmien elopaino laski molemmissa ryhmissä poikimisen jälkeen, mutta lähti kuudennen maidontuotantoviikon jälkeen lisääntymään (kuvio 16). KVR-ryhmässä elopainon lisääntyminen oli silmämääräisesti nopeampaa kuin MVR-ryhmässä.

Elopainon muutosta tarkasteltiin erona poikimapainoon. KVR-ryhmä saavutti lähes poikimapainonsa laktaatioviikolla 15, MVR-ryhmä ei saavuttanut poikimapainoaan ensimmäisen 15 maidontuotantoviikon aikana (kuvio 17).

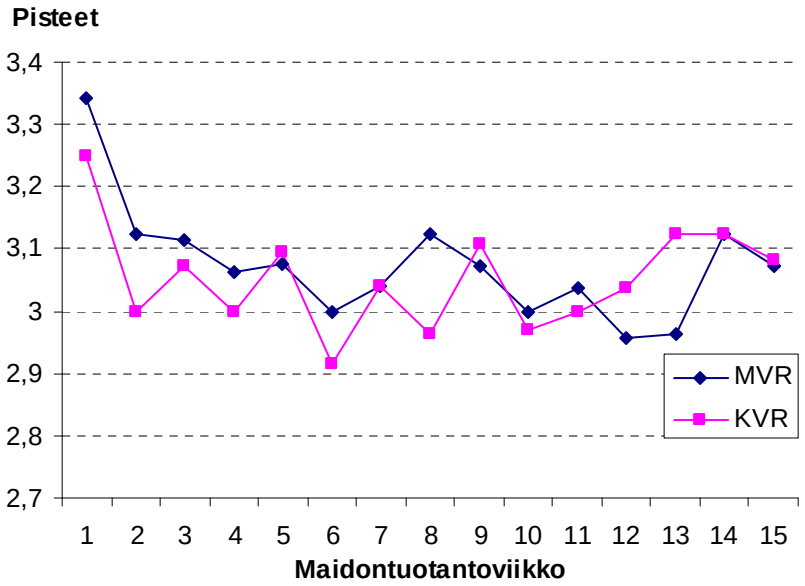
Lehmien kuntoluokka aleni nopeasti ensimmäisen laktaatioviikon jälkeen, ja pysyi keskimäärin hieman kolmen yläpuolella loppukokeen ajan (kuvio 18). Kuntoluokitustulokset eivät silmämääräisesti näyttäneet poikkeavan eri väkirehuryhmissä. Käyrän muoto on menee ylös ja alas, sillä luokitukset arvioitiin parin viikon välein, joten eri lehmät on arvioitu eri viikoilla.



Kuvio 16. Elopainon kehitys eri väkirehuryhmissä maidontuotantokauden (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)



Kuvio 17. Elopaino - poikimapaino maidontuotantokauden edetessä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)



Kuvio 18. Kuntoluokituksen kehittyminen maidontuotantokauden edetessä eri väkirehuryhmissä (MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv)

4. Tulosten tarkastelu

4.1 Väkirehun määrän vaikutus syöntiin

4.1.1 Vaikutukset ryhmien välillä

Väkirehun määrän lisääminen vähensi säilörehun syöntiä, mutta lisäsi syönnin kokonaismäärää. Tämä tulos vastaa useiden muiden tutkimusten tuloksia (Castle ym. 1983, Aston ym. 1995, Agnew ym. 1996, Saarisalo ym. 1997, Shingfield ym. 2002). Syönnin kokonaismäärä oli KVR-ryhmässä keskimäärin 2,1 kg ka suurempi kuin MVR-ryhmässä.

Säilörehun syönti oli MVR-ryhmässä keskimäärin 9,4 kg ka ja KVR-ryhmässä 7,9 kg ka, mikä vastaa kohtuullisesti esimerkiksi Ferrisin ym. (2001) kokeen hyvänlaatuisen säilörehun syöntimääriä (11,1 kg ka ja 7,0 kg ka). Ferrisin ym. (2001) kokeessa väkirehun osuudet olivat 50 ja 70 % kuiva-aineesta. Kokkosen (2005) meta-analyysissä väkirehun määrän vaikutus säilörehun syöntiin perustui 45 tutkimukseen lypsykauden alussa.

säilörehun ka syönti = -0,37(väkirehun ka syönti)+12,20,* R^2*=0,98*

Säilörehun syöntimäärät olivat nyt tehdyssä kokeessa 0,9 kg ka (MVR) ja 0,8 kg ka (KVR) suuremmat kuin regressioyhtälön perusteella voitiin olettaa. Syönnin vähenemisnopeus väkirehun määrän lisääntyessä vastasi regressioyhtälön keskimääräistä syönnin vähenemisnopeutta.

Korvaussuhdetta käytetään ilmaisemaan sitä, kuinka paljon karkearehun syönti vähenee lisättyä väkirehukiloa kohti. Korvaussuhde on karkearehun syönnin muutos jaettuna väkirehun lisäyksellä. Korvaussuhde oli tässä kokeessa 0,41 kg ka säilörehua / kg ka väkirehua. Suhde vastaa hyvin Ryhäsen ym. (1996) yhteenvetoa, jossa keskimääräinen korvaussuhde oli 0,39. Huhtasen (1998) mukaan korvaussuhde saattaa kasvaa, kun väkirehun määrää lisätään. MTT:ssä tehdyssä yhteenvetotutkimuksessa 16 kokeesta todettiin, että korvaussuhde oli 0,51 kun väkirehun määrä ei ylittänyt 10 kg päivässä. Korvaussuhde lisääntyi kuitenkin 0,61:een, kun väkirehun määrä ylitti 10 kg päivässä (Huhtanen 1998). MTT:n yhteenvetotutkimuksen kokeet olivat useimmiten lypsykauden keskivaiheilla tehtyjä kokeita. Lypsykauden vaihe saattoi vaikuttaa myös näihin tuloksiin. Kokkosen (2005) meta-analyysissä lisätyn väkirehun vaikutus säilörehun syöntiin oli lineaarinen. Nyt tehdyssä tutkimuksessa korvaussuhde oli vain

0,41, vaikka väkirehun määrä oli hyvin suuri. Tulokset tukevat Kokkosen (2005) yhteenvetoa väkirehun määrän lineaarisesta vaikutuksesta syöntiin.

Väkirehun määrän lisäksi säilörehun syöntiin vaikuttavat myös muut ravitsemukselliset tekijät, jota käsiteltiin kattavasti Huhtasen ym. (2007) yhteenvedossa. Yksi olennaisista säilörehun syöntiin vaikuttavista tekijöistä on säilörehun sulavuus. On ehdotettu, että syönnin lisääntyminen sulavuuden parantuessa saattaa olla lineaarinen D-arvoon 740 g/kg asti (Rinne ym. 1995). NDF-pitoisuus vähentää syöntiä, mutta Huhtasen ym. (2007) yhteenvedossa sulavuus määritti paremmin säilörehun syöntiä kuin säilörehun NDF-pitoisuus. D-arvon parantuessa NDF:n pitoisuus vaikuttaa NDF:n syöntiin käyräviivaisesti. D-arvon saavuttaessa 640 g/kg ka, NDF:n syönti saavuttaa huippunsa, jonka jälkeen sitä sulavampaa säilörehun käytettäessä NDF:n syönti väheni. Tämä kertoo siitä, että metaboliset tekijät säätelevät syöntiä, kun säilörehun sulavuus on hyvin korkea. Energian saanti on kuitenkin lineaarisesti positiivisessa yhteydessä säilörehun sulavuuteen, kun se sitä vastoin NDF-pitoisuuden lisääntyessä energian saanti vähenee lineaarisesti (Huhtanen ym. 2007).

Säilörehun käymislaatu on myös olennainen syöntiin vaikuttava tekijä Huhtasen ym. (2007) mukaan. Paras syönnin ennustaja käymislaadusta on käymishappojen pitoisuus, mikä saadaan laskemalla yhteen maitohapon ja haihtuvien rasvahappojen pitoisuus. Käymishappojen lisääntynyt pitoisuus vähentää syöntiä (Huhtanen 2007). Syy käymishappojen syöntiä rajoittavaan vaikutukseen voi olla monia. Syynä voi olla pötsin ja juoksutusmahan lisääntynyt osmolaalisuus ja propionihapon vaikutukset syönnin säätelyyn (Allen 2000). Propionihapon on todettu vähentävän syöntiä märehtijöillä enemmän kuin glukoosin, joten se voi toimia kylläisyystekijänä (Allen 2000). Huonosti käynyt säilörehu voi myös hidastaa rehun liikkumista ruuansulatuskanavassa. Jaakkolan ym. (1991) kokeessa pötsin NDF:n määrä oli suurempi entsyymisäilöttyä säilörehua syötettäessä verrattuna muurahaishapolla säilöttyyn säilörehuun. Yksi olennainen säilörehun syöntiin vaikuttava tekijä Huhtasen (2007) yhteenvedossa oli myös säilörehun kuiva-ainepitoisuus. Säilörehun kuiva-ainepitoisuuden lisääntyessä syönti lisääntyy (Huhtanen 2007). Syynä voivat olla fysikaaliset säätelytekijät, sillä lisääntynyt veden pitoisuus voi parantaa täyttyvyyttä. Huhtanen ym. (2007) totesivat, että kuiva-ainepitoisuuden vaikutus syönnin määrään on riippumaton muista tekijöistä, kuten sulavuudesta ja käymislaadusta. Nyt tehdyssä kokeessa säilörehun laatu oli hyvä, joten on todennäköistä että se ei rajoittanut syöntiä vaikuttamalla negatiivisesti syönnin säätelytekijöihin tai hidastamalla rehun liikkumista ruuansulatuskanavassa. Väkirehun suuren määrän negatiivinen vaikutus sulavuuteen saattoi vaikuttaa väkevämmän rehustuksen syöntimäärään.

Säilörehun laatu saattaa vaikuttaa korvaussuhteeseen. Huhtanen ym. (2007) havaitsivat data-analyysissään, että käymishappojen määrän vaikutus syöntiin lisääntyi, mitä enemmän väkirehua annettiin. Käymishappojen vaikutus syönnin vähenemiseen taas pieneni, kun maitotuotos tai kokonaiskuiva-aineen syönti lisääntyi (Huhtanen ym. 2007). Nyt tehdyssä kokeessa säilörehun laatu oli hyvä, joten säilörehun käymishappojen suhteellisesti suurempi vaikutus korkean KVR-ryhmän syönnin määrään oli todennäköisesti pieni.

Ruokinnan koostumus voi myös vaikuttaa säilörehun syöntiin. Allenin (2000) mukaan syöntiin vaikuttavia ravitsemuksellisia tekijöitä ovat kuitupitoisuus, tärkkelyksen ja kuidun hydrolyysiherkkyys, partikkelikoko ja -lujuus, säilörehun käymistuotteet, rasvan pitoisuus ja ominaisuudet sekä valkuaisen määrä ja pötsihajoavuus. Enemmän väkirehua saaneiden lehmien tärkkelyksen ja raakavalkuaisen saanti oli suurempaa kuin vähemmän väkirehua saaneiden eläinten. Tärkkelyksen suurempi määrä voi vähentää syöntiä, sillä helppoliukoiset hiilihydraatit nopeuttavat pötsikäymistä, mikä nopeuttaa pötsin pH:n alenemista (Strobel ja Russell 1986). Pötsin pH:n aleneminen ja mikrobiflooran sopeutuminen helppoliukoisten hiilihydraattien fermentoijaksi (Mould ym. 1983) alentavat rehun sulavuutta, jolloin fysikaaliset säätelytekijät rajoittavat rehun syöntiä enemmän.

Suurempi valkuaisen määrä enemmän väkirehua saaneiden ryhmässä vaikutti tuskin negatiivisesti säilörehun syönnin määrään. Valkuaisen määrä ruokinnassa vaikuttaa usein positiivisesti syöntiin. Tämä johtuu suurilta osin kuidun ja kuiva-aineen sulavuuden parantumisesta. Parempi sulavuus vähentää ruuansulatuskanavan venytysreseptorien stimulaatiota, mikä vaikuttaa positiivisesti syönnin säätelymekanismeihin. Lisätty rasva on vähentäny kuiva-aineen sulavuutta ja syöntiä lypsylehmillä, ja voi vaikuttaa täten fysiologisiin säätelytekijöihin päinvastaisesti kuin valkuainen. Rasva voi myös stimuloida kolesystokiniinin tuotantoa. Kolesystokiniini on todetty yhdeksi kylläisyyden tunnetta parantavaksi tekijäksi ja se saattaa hidastaa ruokasulan kulkua ruuansulatuskanavassa (Allen 2000). Kuitupitoinen väkirehu voi lisätä karkearehun syöntiä tärkkelyspitoiseen väkirehuun verrattuna, mutta tulos ei aina ole yhdenmukainen (Thomas ja Thomas 1988). Väkirehun haittavaikutuksia karkearehun syöntiin voidaan myös vähentää parantamalla rehun puskurointikykyä (Apper-Bossard 2006). Väkirehun koostumuksen vaikutuksia säilörehun syöntiin ei voitu määrittää tässä kokeessa, mutta voi olla että suurempi väkirehun valkuaispitoisuus ja pienempi rasvapitoisuus olisi voinut vähentää ryhmien välisiä eroja syönnissä ja sitä kautta myös tuotoksessa. Myös puskurointikyvyn parantaminen olisi voinut parantaa tuotantokykyä.

4.1.2 Syönnin kehittyminen

Säilörehun kuiva-aineen syönti oli runsaampaa ensimmäisen maidontuotantoviikon aikana verrattuna toiseen maidontuotantoviikkoon. Syynä voi olla niukempi väkirehustus herutuksen alussa. Osa lehmistä oli poikimakarsinassa ensimmäisen maidontuotantoviikon ajan, jolloin syöntimäärä vaakakupeista saatiin rekisteröityä pienemmältä lukumäärältä lehmiä ensimmäisen maidontuotantoviikon aikana. Tämä saattoi lisätä sattuman osuutta ensimmäisen viikon syönnissä. Rasvakudoksen mobilisaatiossa vapautuvat vapaat rasvahapot (NEFA) ja ketonirungot voivat vaikuttaa negatiivisesti syöntiin (Ingvartsen ja Andersen 2000). Rasvakudoksen mobilisaatio on runsainta vasta 3 – 4 viikkoa poikimisen jälkeen (Kokkonen 2005), joten sen negatiivinen vaikutus syöntiin saattoi osaltaan vaikuttaa vasta pari viikkoa poikimisen jälkeen. KVR-ryhmässä syönti pysyi ensimmäisten viikkojen laskun jälkeen tasaisena seitsemänteen lypsyviikkoon asti, minkä jälkeen kuiva-aineen syönnissä havaittiin pientä lisääntymistä. Säilörehun syönti lisääntyi viikkoon 15 saakka molemmissa ryhmissä, joten syöntihuippu saavutettiin viikolla 15 tai sen jälkeen. Syönnin lisääntymisen kehittyminen vaihtelee kuitenkin huomattavasti, sillä siihen vaikuttavat monet eri tekijät. Syönnin lisääntymiseen vaikuttavia ruokinnallisia tekijöitä ovat energian määrä rehustuksessa sekä säilörehun laatu. Eläinkohtaisia tekijöitä ovat rotu, ikä, tuotospotentiaali, kehon eri kudosten keskinäiset suhteet sekä eri sairaudet (Ingvartsen ja Andersen 2000). MVR-ryhmässä säilörehun syönnin keskimääräinen lisääntyminen oli 0,09 kg ka maidontuotantoviikkoa kohden. KVR-ryhmässä vastaava arvo oli 0,01 kg ka. Korkea väkirehun määrä näyttää hidastava säilörehun syönnin kehittymistä lypsykauden edetessä. MVR-ryhmässä näkyi muusta aineistosta poikkeava syöntihuippu 13 viikon kohdalla, mutta tämä johtuu todennäköisesti satunnaisesta virheestä kuppiaineistossa tai muusta poikkeavasta tilanteesta. Vaakakuppidatan mukaan päivittäinen syöntiaika lisääntyi 68 min (MVR-ryhmä) ja 41 min (KVR-ryhmä) viikosta 1 viikkoon 15. Riittävistä syöntipaikoista huolehtiminen on erityisen tärkeää, kun väkirehun määrä on pieni ja lypsykauden vaihe lähestyy syöntihuippua, joka tapahtuu 9 - 22 viikkoa poikimisen jälkeen (Ingvartsen ja Andersen 2000). Kokonaiskuiva-aineen syönti kehittyi KVR-ryhmässä nopeammin. KVR-ryhmässä kuiva-aineen syönti lisääntyi keskimäärin 0,67 kg ka viikossa kun se MVR-ryhmässä oli 0,41 kg ka viikossa.

4.2 Käyttäytyminen

4.2.1 Vaikutukset ryhmien välillä

Käyttäytymistarkkailu tehtiin vain kello 6 - 18 välillä käytännöllisistä ja kustannuksellisista syistä. Käyttäytymistarkkailu rajallisena aikana vuorokaudessa voi antaa suuntaviivaa siihen, miten toiminnot eroavat eri ruokintojen välillä, mutta tarkkuus ei ole yhtä hyvä kuin ympärivuorokautisessa tarkkailussa. On esimerkiksi mahdollista, että käyttäytymisellä yöllä ja päivällä on yhdysvaikutusta ruokintaryhmien välillä. Täten kello 6 - 18 välisten toimintojen esiintymistuloksia ei voida suoraan yleistää koko vuorokauteen.

Kokeessa kaikki lehmät ajettiin kokoomatilaan ennen lypsyä. Lypsyajaksi laskettiin tarkkailussa täten myös aika, jolloin lehmät odottivat lypsylle menoa. Kokeessa KVR-ryhmä vietti merkitsevästi pidemmän ajan odotusalueella ja lypsyasemalla, mikä voi viitata siihen että KVR-ryhmän lehmät menivät kokoomatilasta myöhemmin lypsylle kuin MVR-ryhmän lehmät. Täten KVR-ryhmän eläimet saattoivat olla hierarkiajärjestyksessä MVR-ryhmää keskimäärin alempana. Arave ja Albright (1981) totesivat yhteenvedossaan, että lehmät menevät lypsylle, lypsyalueelle ja hoitotoimenpiteisiin niin, että hierarkiajärjestyksessä keskellä olevat lehmät menevät ensin, dominoivat lehmän sen jälkeen ja väistyvät lehmät viimeisenä. Soffie ym. (1976) tutkivat sosiaalisen hierarkiajärjestyksen vaikutusta lehmien lypsyjärjestykseen pihatto-olosuhteissa, kun käytössä oli lypsyasema. Kokeessa lehmien hierarkiajärjestyksellä oli positiivinen korrelaatio lypsyjärjestykseen, vaikka lypsyalueelle menojärjestyksellä ja hierarkiajärjestyksellä ei ollut keskinäistä korrelaatiota keskenään. Jago ym. (2003) tutkivat hierarkiajärjestyksen vaikutusta automaattisessa lypsyjärjestelmässä. Hierarkiajärjestys vaikutti odotusaikaan ennen lypsylle menoa niin, että hierarkiassa alemmat lehmät joutuvat odottamaan kauemmin. Edellä todetun perusteella voidaan epäillä, että MVR-ryhmän eläimet olivat hierarkiajärjestyksessä keskimäärin ylempänä. Soffie ym. (1976) ei todennut yhteyttä maidontuotannon ja hierarkiajärjestyksen välillä, toisin kuin Anderson (1984), jonka kahdessa kokeessa dominoivat lehmät söivät, joivat ja tuottivat enemmän maitoa. On täten teoreettisesti mahdollista, että MVR-ryhmän maidontuotantokyky oli keskimäärin KVR-ryhmää parempi. Edellisen tuotantokauden maidontuotantotulos otettiin kuitenkin huomioon tilastollisessa testauksessa, joten virheen todennäköisyys ryhmien tuotantokapasiteetin eroista johtuen on pieni.

Makaamiseen ja seisomiseen käytetty aika ei poikennut tässä kokeessa ryhmien välillä. Shingfield ym. (2002) eivät myöskään havainneet merkitseviä eroja seisomiseen käytetyissä

ajoissa eri väkirehumääriä saaneiden lehmien välillä. MVR-ryhmän eläimet märehtivät pidempään maatessaan kuin KVR-ryhmän eläimet, kun taas KVR-ryhmän eläimet makasivat suuremman osan ajasta pää ylhäällä kuin MVR-ryhmän eläimet. Nämä havainnot eivät kuitenkaan olleet merkitseviä. Hyvin lähellä merkitsevyyttä oli kuitenkin kokonaismärehtimisaika (käsitti märehtimisen seisaaltaan ja märehtimisen makuulla), joka oli pidempi MVR-ryhmässä (174 ja 156 min/12 tuntia MVR ja KVR-ryhmissä erikseen). Shingfieldin ym. (2002) kokeessa vähemmän väkirehua saaneet lehmät märehtivät merkitsevästi pidempään (10 kg väkirehua saaneet 552 ja 7 kg väkirehua saaneet 521 min/vrk). Poikkeava märehtimisaika nyt tehtyyn kokeeseen verrattuna voi johtua erilaisista navetta-olosuhteista, sillä Shingfieldin ym. (2002) koe tehtiin parsinavetassa. Van Soestin (1982) mukaan märehtimisen alkamista säätelevät pötsin seinämän sensorit, jotka ovat yhteydessä vagus-hermoon. Märehtimistä voidaan stimuloida karkean materiaalin kosketuksella ja paineella pötsin seinämää vasten. Väkirehun määrän lisääntyessä solunseinämäaineksen määrä rehustuksessa vähenee. Solunseinämäaines on rehustuksen ravintoaineista selkeimmässä yhteydessä märehtimisaikaan (Van Soest 1982). KVR-ryhmän lyhyempi märehtimisaika voi johtua vähemmästä säilörehun syönnistä. Niiden rehustus ei ollut yhtä karkeaa, jolloin karkean materiaalin aiheuttamaa märehtimisen stimulaatiota ei tapahtunut niin paljon kuin MVR-ryhmässä.

Tässä kokeessa säilörehun syöntiaika oli merkitsevästi pidempi MVR-ryhmässä kuin KVR-ryhmässä. Syöntiajat olivat 142 (MVR) ja 107 (KVR) minuuttia vuorokaudessa vaakakuppidatan perusteella. Säilörehun päivittäinen syöntiaika väheni noin 10 minuuttia vuorokaudessa, kun päivittäinen väkirehun määrä lisääntyi kilon. Säilörehun syöntiaikaan vaikuttavat monet tekijät, kuten rehustuksen koostumus, saatavuus ja navettaolosuhteet. Pelkkää laidunrehua syövät lehmät käyttävät huomattavan osan vuorokaudesta syöntiin. Ilman väkirehulisäystä laidunnusta tapahtuu jopa 7,7 – 9,5 tuntia päivässä (Arnold 1985). Vähäenergisessä rehustuksessa päästään lähelle laidunnuskäyttäytymisen syöntiaikaa. Wilsonin ja Flynnin (1979) kokeessa syöntiaika oli jopa kuusi tuntia päivässä, kun rehuna oli hyvin huonosti sulava heinä tai säilörehu. Vastaavasti Gonyun ja Stricklinin (1981) kokeessa naudat söivät vain tunnin päivässä hyvin energiapitoista rehua syötettäessä. Rinteen ym. (1999) ja Shingfieldin ym. (2002) tutkimuksissa väkirehua syötettiin 7 ja 10 kg päivässä. Rinteen ym. (1999) kokeessa säilörehun syöntiaika oli 293 (7 kg, 37 % kuiva-aineesta) ja 261 (10 kg, 44 % kuiva-aineesta) minuuttia vuorokaudessa, kun Shingfieldin kokeessa vastaavat syömisajat olivat 317 (7 kg, 37 % ka:sta) ja 285 (10 kg, 49 % ka:sta) minuuttia vuorokaudessa. Säilörehun syöntiaika väheni molemmissa kokeissa noin 11 minuuttia lisättyä väkirehukiloa kohden, mikä vastaa hyvin tämän kokeen tulosta. Pidempi syöntiaika näissä kokeissa johtuu

todennäköisesti pienemmästä väkirehun määrästä ja navettaolosuhteista. Sekä Rinteen ym. (1999) että Shingfieldin ym. (2002) kokeet tehtiin parsinavetassa tarkkailumenetelmällä. DeVriesin ja Keyserlingkin (2005) kokeessa, jossa lehmät olivat pihatossa seosrehuruokinnassa, syöntiaika oli 191 tai 216 minuuttia päivässä, riippuen siitä annettiinko säilörehua lypsyn yhteydessä vai kuusi tuntia lypsyn jälkeen. kokeessa seosrehussa oli väkirehua puolet kuiva-aineesta. DeVriesin ja Keyserlingkin (2005) kokeen syöntiaika oli pidempi kuin nyt tehdyn kokeen syöntiaika vaikka koe tehtiin myös pihatossa.

Lehmät söivät tässä kokeessa keskimäärin 12 kertaa päivässä, mikä vastaa hyvin myös esimerkiksi Beauchemin ym. (2002) kokeen tuloksia. Rehustuksen väkevyydellä ei ollut vaikutusta syöntikertoihin. Beauchemin ym. (2002) ei myöskään havainnut muutosta syöntikertojen määrässä, kun väkirehun osuutta lisättiin seosrehuun. Väkirehun määrä ei todennäköisesti vaikuta säilörehun syöntikertoihin.

Syöntikerrat olivat MVR-ryhmässä pidempiä kuin KVR-ryhmässä (keskimäärin 13 ja 10 minuuttia eri ryhmissä), mikä selitti pidemmän kokonaissyöntiajan MVR-ryhmässä. Lyhyemmät syöntijaksot KVR-ryhmässä voivat johtua metabolisista säätelytekijöistä. Väkirehun määrän lisääminen saattaa lisätä propionihapon osuutta pötsissä. Propionihappo voi lisätä insuliinin eritystä märehtijöillä (Sano ym. 1993) ja vaikuttaa negatiivisesti syönnin säätelyyn aikaisemmin. Insuliinin infuusio pitkällä aikavälillä on vähentänyt lypsylehmien syöntiä, kun taas lyhyen aikavälin infuusiolla ei ole ollut vaikutusta syöntiin (Ingvartsen ja Andersen 2000).Syöntijaksot olivat suhteellisen lyhyitä verrattuna esim. Seppälän (2007) tarkkailuun, jossa syöntijakso oli keskimäärin 19 minuuttia. Seppälän (2007) kokeessa lehmät saivat seosrehua, jonka väkirehupitoisuus oli 600 g/kg ka.

Syönnin määrä syöntikertaa kohden oli MVR-ryhmässä suurempi kuin KVR-ryhmässä (P=0,06). KVR-ryhmä tarvitsi vähemmän aikaa säilörehukilogramman syömiseen (p=0,08). Enemmän väkirehua saaneiden eläinten syöntinopeus oli numeerisesti nopeampaa, vaikka ero ei saavuttanut tilastollista merkitsevyyttä (p=0,14). Säilörehun syöntiaika säilörehukiloa kohden oli Rinteen ym. (1999) kokeessa 13,6 - 15 min/ kg ka, mikä vastaa hyvin tämän kokeen tulosta (13,9 - 15,5 min/ kg ka). Seosrehua syötettäessä väkevämpää rehua saaneet lehmät söivät nopeammin kuin laimeampaa seosrehua saaneet lehmät (Friggens ym. 1998a), mikä voi johtua esimerkiksi väkevämmän rehun paremmasta maittavuudesta. Myös Rinteen ym. (1999) kokeessa syöntinopeus oli merkitsevästi nopeampaa enemmän väkirehua saaneiden ryhmässä, vaikka väkirehu annettiin erillisruokintana. Miksi säilörehun syöntinopeus on nopeampaa enemmän väkirehua saaneilla eläimillä on hankala määrittää. Voi

olla, että fysikaaliset säätelytekijät hidastavat enemmän syöntinopeutta kuin esimerkiksi syönnin määrää ja syöntiaikaa. Syynä voivat olla myös satunnaiset tekijät. Hierarkiajärjestys voi myös vaikuttaa syöntinopeuteen. Väistyvät lehmät lisäsivät enemmän syöntinopeutta dominoiviin lehmiin verrattuna, kun ne siirrettiin samaan ryhmään (Harb ym. 1985). Tässä kokeessa kaikilla lehmillä oli kuitenkin yksilölliset syöntipaikat, joten hierarkian vaikutus syöntinopeuteen ei todennäköisesti ollut kovin suuri.

4.2.2 Käyttäytymisen kehittyminen

Käyttäytymistoimintojen esiintyminen maidontuotantokauden edetessä ei poikennut tarkkailutietojen perusteella useimmissa tarkkailluissa toiminnoissa. Säilörehun syöntiajan kehittyminen päivässä on käsitelty kappaleessa 4.1.2.

Toiminto ”seisominen ja toiminto” väheni selvästi lypsykauden edetessä. Tämä voi kuvata levottomuuden vähenemistä lypsykauden edetessä. Toisaalta ”makaaminen ja toiminto” lisääntyi toisena tarkkailuajankohtana (n. 2 kk poikimisesta), ja väheni kolmanteen ajankohtaan (n. 3 kk poikimisesta). Nukkumista kuvaava ”makaaminen pää alhaalla” väheni lypsykauden edetessä. Lehmät saattavat nukkua vähemmän ja syödä enemmän, kun lypsykausi etenee. Märehtimisen, kävelyn, seisomisen, lypsyasemalla olon, makaamisen pää ylhäällä, väkirehuasemalla olon ja väkirehuasemaan jonottamisen esiintyminen ei riippunut tarkkailuajankohdasta.

Säilörehun syöntikerroissa oli havaittavissa nopeaa vähenemistä ensimmäisten maidontuotantoviikkojen aikana. Syöntikertoja oli 15 - 18 kertaa päivässä ensimmäisen maidontuotantoviikon aikana, mutta määrä laski jo toisen maidontuotantoviikon aikana noin 12 kertaan. Ensimmäisen maidontuotantoviikon suurempi syöntikertojen määrä voi johtua mahdollisesti lehmien levottomuudesta poikimakarsinasta tuonnin jälkeen. Lehmien helppo pääsy syöntipaikoille on erityisen tärkeää ensimmäisen viikon aikana poikimisesta jolloin syöntikäyntejä on useampia. Vaivaton pääsy säilörehun syöntipaikoille on tärkeää lehmillä niiden väkirehun määrästä riippumatta.

Säilörehun kokonaissyöntiaika lisääntyi lypsykauden edetessä. Säilörehun syöntiaika syöntikertaa kohden lisääntyi ja syöntinopeus hidastui lypsykauden edetessä. Syönnin määrän lisääntyminen lypsykauden edetessä voidaan siis selittää syöntiajan pitenemisellä ja syöntikertojen pitenemisellä. Syöntinopeus puolestaan hidastuu lypsykauden edetessä, mikä

täytyy kompensoida pidemmällä syöntiajalla syöntimäärän kasvattamiseksi. Syytä syöntinopeuden hidastumiseen lypsykauden edetessä on vaikea määrittää. Voi olla, että säilörehun määrän lisääntymisestä johtuvat fysikaaliset säätelytekijät hidastavat syöntiä.

4.2.3 Säilörehun päivittäisen syöntikäyttäytymisen kuvaileminen

Nautaeläinten vuorokausirytmi jaoittuu useisiin syönti-, lepo-, ja märehtimisjaksoihin. Syöntijaksot noudattavat diurnaalista rytmiä, ja jaksojen esiintyminen luonnossa on usein yhteydessä valo- ja pimeysjaksoihin. Syöntiaikaan vaikuttaa ravinnon laatu ja saatavuus. Laiduntaminen tapahtuu usein päiväsaikaan ja aktiivinen syönti on läheisessä yhteydessä auringonnousuun ja laskuun. Päivä koostuu useista syöntijaksoista, mutta syöntiä tapahtuu myös yöllä (Fraser ja Broom 1990). Tyypillisesti lehmillä on 3 - 5 suurempaa syöntihuippua päivisin ja yksi pienempi syöntihuippu yöllä. Suurimmat syöntihuiput ovat auringonnousun ja laskun yhteydessä sekä keskipäivällä, pienempi syöntihuippu havaittiin noin kello kahdentoista aikaan yöllä (Fraser ja Broom 1990).

Sisällä pidettyjen lehmien käyttäytymisrytmiin vaikuttaa ilmeisesti enemmän rehunjakoaika kuin päivärytmi. Tosin rehunjaon vaikutus syönnin stimuloimiseen heikkenee, kun rehun jakokertoja lisätään päivän aikana (Mäntysaari ym. 2006b). Lypsyltä paluu stimuloi syöntiä, joskin rehunjakoaika vaikuttaa syöntiin lypsyaikaa voimakkaammin (DeVriesin ja Keyserlingk 2005, Mäntysaari ym. 2006b). Nyt tehdyn kokeen syöntihuiput vastasivat hyvin tätä hypoteesia sekä hyvin myös luonnossa tapahtuvaa syöntikäyttäytymistä. Säilörehun syönnissä oli havaittavissa kokeen aikana kolme suurempaa syöntihuippua (kello 8, 14 ja 19) ja yksi pienempi syöntihuippu (kello 12 yöllä) kuppidatan perusteella. Syöntihuippujen ajankohdat eivät poikenneet väkirehuryhmien välillä. Lehmät söivät säilörehua usein lypsyltä tullessa. Nämä syöntihuiput tapahtuivat kello 8 ja 19 aikaan. Tässä kokeessa ei pystytty tarkastelemaan sitä, stimuloiko lypsy vai rehunjako enemmän syönnin huippuja. Lypsyaikana rehunjakovaunu jakoi uutta rehua, joten sekä lypsyltä tulo että uuden rehun jako stimuloivat syöntihuippuja. DeVries ja Keyserlingkin (2005) kokeessa lehmät viettivät neljänneksen enemmän aikaa syöden lypsyltä palatessaan, jos ruokintapöytään oli tuotu tuoretta säilörehua lypsyn aikana. Sekä lypsy että rehunjakoajankohta saattoivat vaikuttaa täten syöntihuipun kehittymiseen. Tässä kokeessa syöntihuippu ei ollut yhtä suuri KVR-ryhmässä kuin MVR-ryhmässä 8 ja 19 aikaan eli heti lypsyn jälkeen, mutta syönti väheni hitaammin sen jälkeen. Tämä voi johtua siitä, että KVR-ryhmän lehmät olivat keskimäärin kauemmin lypsyasemalla. Kello 14 syöntihuippu voi johtua syöntirytmistä sekä rehunjaon ajankohdasta kello 13.30.

DeVriesin ja Keyserlingkin (2005) kokeessa oli myös havaittavissa neljä syöntihuippua. Syöntihuiput esiintyivät lypsyn jälkeen, mutta myös noin 6 tuntia lypsynjälkeisten syöntihuippujen jälkeen esiintyi pienempi syöntihuippu, mikä vastaa myös tämän kokeen syöntirytmiä. Syöntihuippu 6 tuntia lypsynjälkeisen syöntihuipun jälkeen oli huomattavasti havaittavampi, jos tuoretta rehua annettiin siihen aikaan (DeVries ja Keyserlingk 2005).

4.3 Väkirehun määrän vaikutus tuotantoon

4.3.1 Vaikutus tuotosvasteeseen ja maidontuotantoon

Tässä kokeessa ei saavutettu tuotosvastetta väkirehun määrää lisäämällä vaikka rehun kokonaissyönti lisääntyi selvästi. Tuotosvaste oli vain 0,027 kg/kg ka väkirehua. Energiakorjattuna maitona ilmaistuna tuotosvaste oli negatiivinen eli - 0,22 EKM/kg ka. Huono tuotosvaste voi johtua tässä kokeessa väkirehun suuresta määrästä ja koostumuksesta. Lehmien väkirehumäärä oli 11,5 ja 16,0 kg ka, ja ensikoiden 8,9 ja 13,3 kg ka. Kokkosen (2005) yhteenvedossa lypsykauden alun tuotosvaste oli keskimäärin 0,98 kg/kg ka väkirehua. Kokkosen (2005) yhteenvedon väkirehumäärä vaihteli kuitenkin eri tutkimuksisssa 0,9:sta 12,5 kg ka:a. Suurimmat tuotosvasteet saadaan, kun väkirehun määrä on 3 - 6 kg vuorokaudessa (Huhtanen 1998). Tuotosvaste pienenee väkirehumäärän lisääntyessä (Huhtanen 1998, Kokkonen 2005). Tuotosvasteet ovat olleet suhteellisen pieniä, etenkin kun väkirehu on ylittänyt 10 kiloa päivässä (Huhtanen 1998, Sairanen ym. 1999).

Tutkimuksen tuotosvaste täydentää tietoa korkean väkirehumäärän vaikutuksista lypsykauden alussa. Alhainen tuotosvasteen määrä tutkimuksessa voi johtua väkirehun negatiivisista vaikutuksista syöntiin ja sulavuuteen. Verrattaessa kokeen tuloksia Kokkosen (2005) meta-analyysiin voitiin havaita, että maitotuotos oli suurempi kuin regressiokäyrän perusteella voitiin keskimäärin olettaa.

Väkirehun koostumuksella voi olla vaikutusta saatavaan tuotosvasteeseen. Kuitupitoinen väkirehu lisäsi maitotuotosta ja paransi energian hyväksikäyttöä verrattuna tärkkelyspitoiseen väkirehuun, kun väkirehun määrä rehustuksessa oli korkea (55 - 65 %) (Mäntysaari ym. 2006a). Väkirehun viljana käytetyn kauran on todettu parantavan maitotuotosta verrattuna ohraan (Martin ja Thomas 1988, Ekern ym. 2003). Myös kokeen valkuaisraaka-aineena käytetty rypsirouhe on laadukas valkuaisraaka-aine, jonka vaste maidontuotantoon on noin

1,05 kg maitoa rouhekiloa kohti korvattaessa viljaa (Huhtanen 1988). Maitokilojen välinen erotus koetulosten ja meta-analyysin välillä oli pienempi KVR-ryhmässä. Meta-analyysin ja MVR-ryhmän tuloksen välinen erotus oli 3,8 kg, mutta laski 1,9 kg:aan meta-analyysin arvon ja KVR-ryhmän välillä. Tämä voi johtua siitä, että meta-analyysissä käytettyjen kokeiden väkirehumäärä oli keskimäärin tätä tutkimusta pienempi. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että jos meta-analyysiin liitettäisiin suurempia väkirehumääriä sisältäviä tutkimuksia lypsykauden alussa, muodostettu käyrä saattaisi lähteä jyrkempään laskuun korkeammilla väkirehumäärillä.

Taulukko 10. Tulosten vertailua Kokkosen (2005) meta-analyysiin

	Meta-analyysi MVR	Koe MVR	erotus	Meta-analyysi KVR	Koe KVR	erotus	Meta-analyysi n	Meta-analyysi R2
Maidon-tuotanto, kg/pv	28,8	32,6	3,8	30,8	32,7	1,9	45	0,93
EKM, kg/pv	27,7	32,5	4,8	28,1	31,7	3,6	45	0,95

MVR = 10,1 kg ka väkirehua / pv KVR = 13,8 kg ka väkirehua / pv
EKM = Energiakorjattu maitotuotos

EKM:n tuotosvaste oli tässä kokeessa negatiivinen, ja täten pienempi kuin tuotosvaste maitokiloina. Tämä havainto on yhtenäinen Kokkosen (2005) päätelmien kanssa. Kokkonen (2005) havaitsi, että lypsykauden alussa EKM-vaste voi olla pienempi kuin tuotosvaste maitokiloina. Tämä kertoo siitä, että maitotuotoksen vaste aikaisessa lypsykaudenvaiheessa johtuu pääasiassa lisääntyneestä laktoosin tuotannosta (Kokkonen 2005), mikä lisää veden määrää maidossa. Maidontuotannon tuotosvaste EKM:ssä tässä kokeessa voi johtua siis osittain maidon rasva- ja valkuaispitoisuuden vähenemisestä KVR-ryhmässä verrattuna MVR-ryhmään.

EKM:n tuotanto rehuyksikköä ja kuiva-ainekiloa kohden oli merkitsevästi parempi vähemmän väkirehua saaneilla eläimillä. Karkearehu:väkirehu suhteen pieneneminen 60:40:stä 20:80:n vähensi rehun energian hyväksikäyttöä maidontuotantoon (Flatt ym. 1969). Maidontuotannon tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat lehmien geneettinen potentiaali, sairaudet ja ravitsemukselliset tekijät (Tyrrell 1980). Väkirehun koostumus voi vaikuttaa maidontuotantotehokkuuteen. Gordonin ym. (1995) tutkimuksessa lehmät, joille syötettiin kuitupitoista väkirehua, tuottivat tehokkaammin maitoa rehun muuntokelpoisesta energiasta kuin ne lehmät, joiden väkirehu oli tärkkelyspitoinen. Nyt tehdyn kokeen täysrehu oli hiilihydraattikoostumukseltaan suhteellisen kuitupitoinen. Myös valkuaispitoisuus voi

vaikuttaa maidontuotannon tehokkuuteen. Rehustuksen yli 170 g/kg ka valkuaispitoisuus voi parantaa rehun sulavuutta ja hyväksikäyttöä (Tyrrell 1980).

Myös rehuvalkuaisen hyväksikäyttö maidon valkuaiseksi oli MVR-ryhmässä parempi. Metcalfin ym. (1994) mukaan rehun valkuaispitoisuuden lisääntyminen vaikuttaa yleensä positiivisesti maidon valkuaispitoisuuteen, mutta tulokset eivät ole kovin helposti ennustettavia. Lehmät, joiden rehustuksen energiapitoisuus on alhainen, käyttävät ylimääräisen valkuaisen energiantuotantoon. Valkuaissynteesi ja energiametabolia liittyvät tiiviisti toisiinsa. Aminohappojen saanti verenkiertoon ei ole kuitenkaan yksin maidon valkuaista säätelevät tekijä, mikä korostaa maitorauhasen aminohappojen oton säätelyn tärkeyttä (Metcalf ym. 1994).

4.3.2 Vaikutus maidon koostumukseen

Maidon rasvapitoisuus ei poikennut tässä kokeessa merkitsevästi ruokintaryhmien välillä, mutta se oli numeerisesti pienempi enemmän väkirehua saaneiden lehmien ryhmässä. Verrattaessa kokeen tuloksia Kokkosen (2005) meta-analyysin regressiokäyriin rasvapitoisuus vastasi hyvin meta-analyysin perusteella laskettuja arvoja (taulukko 11). On kuitenkin huomattava, ettei rasvapitoisuuden regressiokäyrän selitysaste ollut kovin korkea, vain 0,34, joten rasvapitoisuuden vaikutus vaihtelee paljon tutkimuksesta riippuen. Tutkimuksen väkirehu oli kaurapohjainen, ja kauran on havaittu alentavan rasvapitoisuutta lähes 0,2 %-yksikköä ohraruokintaan verrattuna (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Energian saanti vaikuttaa rasvapitoisuuden vähenemiseen niin, että 10 MJ ME lisä päivässä laskee rasvapitoisuutta keskimäärin 0,01 %-yksikköä (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Lisääntynyt energia parantuneen säilörehun sulavuuden ansiosta on kuitenkin lisännyt rasvapitoisuutta 0,03 %-yksikköä / 10 MJ ME (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Väkirehun määrän lisääminen on vähentänyt usein rasvapitoisuutta, kun energian saantia on ylläpidetty samalla tasolla (Kokkonen 2005). Nyt tehdyssä kokeessa laskennallinen energiansaanti oli kuitenkin suurempi runsasta väkirehumäärää käytettäessä. Heikentynyt sulavuus on kuitenkin todennäköisesti vähentänyt todellista energiansaantia. Kun säilörehua on syötetty vapaasti, rasvapitoisuuden vähenemistä ei ole juuri tapahtunut (Kokkonen 2005), mikä vastaa tämän kokeen tulosta.

Rasvapitoisuuden vähenemisen voi havaita Thomasin ja Martinin (1988) mukaan vasta, kun väkirehun osuus ylittää 55 - 60 %. Kokkosen (2005) meta-analyysissä rasvapitoisuus väheni keskimäärin vain 0,12 g/kg väkirehun kuiva-ainekiloa kohti. Tässä kokeessa vastaava arvo oli

suurempi, 0,62 g/kg väkirehun kuiva-ainekiloa kohti, mikä voi johtua kokeen suuresta väkirehumäärästä, väkirehun koostumuksesta, säilörehun laadusta tai satunnaisista tekijöistä. Rasvapitoisuuden väheneminen viljapitoisessa väkirehuruokinnassa on liitetty kahteen pääteoriaan. Toisen teorian mukaan pötsin etikkahapon ja voihapon tuotanto muuttuu ja vaikuttaa täten negatiivisesti maidon rasvasynteesiin. Toisessa teoriassa viljan pötsimetaboliassa syntyy enemmän propionihappoa, mikä stimuloi insuliinin pitoisuutta veressä, ja ohjaa täten rasvan synteesiin tarvittavat metaboliitit kuten etikkahapon, betahydroksivoihapon ja pitkäketjuiset rasvahapot rasvakudoksiin. Kumpaakaan teoriaa ei ole voitu kuitenkaan osoittaa toteen (Jenkins ja McGuire 2006). KVR-ryhmän numeerisesti pienempi rasvapitoisuus voi johtua myös rehustuksen rasvapitoisuudesta. Kaura sisältää rasvaa 2 - 3 kertaa enemmän kuin ohra, ja sen rasvakoostumus on 80 %:sti tyydyttymätöntä (Heikkilä ja Huida 2004). Runsaasti tyydyttymättömiä rasvahappoja sisältävät raaka-aineet voivat vaikuttaa maidon rasvapitoisuuden vähenemiseen. Pötsin biohydrogenaatiossa syntetisoituvat metaboliitit saattavat olla mukana maitorasvan synteesin inhiboitumisessa. Baumanin ja Griinarin (2003) mukaan vain 3,5 g/vrk trans-10, cis- 12 CLA määrä alensi maidon rasvatuotantoa jopa 25 %:a.

Maidon valkuaispitoisuus ei poikennut merkitsevästi ruokintaryhmien välillä, mutta valkuaispitoisuus oli numeerisesti suurempi KVR-ryhmässä. Energian saanti on Nousiaisen ja Huhtasen (2004) mukaan suurin yksittäinen maidon valkuaispitoisuuteen vaikuttava tekijä. Energian saanti selitti lähes 70 % kokeen sisäisestä valkuaispitoisuuden vaihtelusta suuressa aineistossa. Valkuaispitoisuus lisääntyy keskimäärin 0,025 %-yksikköä / 10 MJ ME (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Tässä tutkimuksessa valkuaispitoisuus lisääntyy 0,031 %-yksikköä / 10 MJ ME joten se vastaa hyvin Nousiaisen ja Huhtasen (2004) yhteenvetoa. Valkuaisen pitoisuuden lisääntyminen oli Kokkosen (2005) meta-analyysissä keskimäärin 0,22 g/kg väkirehun kuiva-ainekiloa kohden, mikä vastasi täsmälleen myös tämän kokeen vastaavaa arvoa. Maidon valkuaispitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat ympäristön lämpötila, sairaudet, maidontuotantokauden vaihe, poikimakerta, rotu ja ravitsemus (DePeters ja Cant 1992). Ravitsemuksellisista tekijöistä maidon valkuaispitoisuutta on tutkittu eniten rehun valkuaispitoisuutta muuttamalla ja eri valkuaisraaka-aineita käyttämällä. Kummallakaan ei ole kuitenkaan saatu valkuaispitoisuutta nostettua enempää kuin kohtuullisesti. Tässä kokeessa KVR-ryhmän valkuaisen saanti oli merkitsevästi suurempi kuin MVR-ryhmässä (OIV:n saanti 1,88 ja 2,14 kg päivässä). Emeryn (1978) yhteenvedossa valkuaisen määrän lisääminen ruokintaan ei lisännyt maidon valkuaispitoisuutta enempää kuin keskimäärin 0,02 %-yksikköä, kun valkuaisen määrää lisättiin ruokintaan 1 %. Valkuaisen määrään vaikuttaa myös syötettävän valkuaisen laatu. Valkuaisen pitoisuus maidossa on vaihdellut 28,5 – 32,7 g/kg

välillä, kun ruokinnan valkuaispitoisuus on ollut 150 – 195 g/kg erilaisia valkuaisraaka-aineita syötettäessä (Jenkins ja McGuire 2006). Gordonin ym. (1995) kokeessa väkirehun koostumus vaikutti maidon koostumukseen kuitu- ja tärkkelyspitoista väkirehua verrattaessa. Kuitupitoista väkirehua syötettäessä (10 kg/pv) maidon valkuaispitoisuus oli korkeampi, kuin tärkkelyspitoista väkirehua syötettäessä. Myös mikrobivalkuaisen tuotannon tehokkuus lisääntyy helppoliukoisia hiilihydraatteja lisäämällä tiettyyn rajaan asti. Väkirehun pitoisuuden lisääminen 25 %:sta 50 %:n paransi mikrobivalkuaisen tuotantotehokkuutta, mutta nosto 75 %:iin vähensi tehokkuutta (Jaakkola ja Huhtanen 1993, Huhtanen 1998). Insuliinin pitoisuuden lisääminen infusoitaessa kaseiinia juoksutusmahaan aiheutti maidon valkuaispitoisuuden ja tuotannon lisääntymistä. Tämä havainto saattaa kuvata epäsuorasti myös väkirehun vaikutuksia. Viljan lisääminen voi aiheuttaa signaaleja, jotka valmistavat eläimen kehoa maidon ja maitovalkuaisen tuotantoon (Jenkins ja McGuire 2006). Propionihapon vaikutus valkuaispitoisuuden lisääntymiseen saattaa johtua siitä, että propionihappo käytetään glukoosin tuotantoon maksassa, jolloin aminohappojen osuus glukoosin syntetisaatiosta vähenee.

Valkuaisen ja rasvan tuotanto eivät lisääntyneet tässä kokeessa väkirehun määrää lisättäessä. Kokkosen (2005) meta-analyysissä keskimääräinen rasvantuotanto lisääntyi noin 26,6 g/pv lisättyä väkirehun kuiva-aine kiloa kohti. Valkuaistuotanto lisääntyi 33,3 g/pv lisättyä väkirehun kuiva-aine kiloa kohti (Kokkonen 2005). Nyt tehdyssä kokeessa sekä rasvan että valkuaisen tuotanto oli numeerisesti pienempi kuin KVR-ryhmässä, joten arvot eivät vastanneet Kokkosen (2005) meta-analyysiä. Tässä kokeessa rasvan tuotanto väheni keskimäärin 19 g/pv ja valkuaisen tuotanto 11 g/pv väkirehun kuiva-aine kiloa kohti. Tuotannon väheneminen voi johtua kokeen suuresta väkirehumäärästä ja sen koostumuksesta.

Taulukko 11. Tulosten vertailua Kokkosen (2005) meta-analyysiin

	Meta-analyysi MVR	Kokeen tulos MVR	Meta-analyysi KVR	Kokeen tulos KVR	Meta-analyysin n	Meta-analyysin selitysaste R2
Rasvapitoisuus, g/kg	40,4	39,9	37,7	37,6	163	0,34
Rasvan tuotanto, g/pv	1073,8	1290	1035,0	1220	163	0,93
Valkuaispitoisuus, g/kg	32,4	32,0	32,7	32,8	45	0,76
Valkuaisen tuotanto, g/pv	929,0	1100	1052,2	1060	45	1

Maidontuotanto, EKM ja valkuaisen tuotanto oli tehty meta-analyysinä alkutuotantokauden lehmistä. Rasvapitoisuus ja rasvan tuotannon meta-analyysi oli tehty sekä alkutuotantokauden että keskituotantokauden lehmien tulosten perusteella.
EKM = Energiakorjattu maitomäärä

Rasvatuotos oli tässä kokeessa suurempi kuin Kokkosen (2005) meta-analyysin perusteella olisi voitu olettaa. MVR-ryhmässä rasvatuotos oli 20 % parempi, ja KVR-ryhmässäkin rasvatuotos ylsi 17 % parempaan tulokseen kuin meta-analyysin regressiokäyrästä laskettu vastaavan väkirehumäärän arvo. Valkuaispitoisuus vastasi hyvin Kokkosen (2005) regressiokäyrää. Väkirehun määrällä selitettävän meta-analyysin selitysaste oli 0,76. Energian saanti on enemmän yhteydessä maidon valkuaispitoisuuteen kuin käytetty väkirehumäärä. Myös valkuaisen tuotanto oli parempi verrattaessa Kokkosen (2005) yhteenvetoon, missä selitysaste oli yllättävän korkea. Rasva- ja valkuaistuotannon suuruus verrattuna meta-analyysin tutkimuksiin keskimäärin johtuu tämän kokeen paremmasta maidontuotannosta, sillä pitoisuudet vastasivat hyvin meta-analyysin arvoja.

Urean pitoisuus ei poikennut ryhmien välillä merkitsevästi, mutta urean pitoisuus oli numeerisesti suurempi KVR-ryhmässä. Tämä voi johtua siitä, että KVR-ryhmän raakavalkuaispitoisuus rehustuksessa oli suurempi. Raakavalkuaispitoisuus on paras ravitsemuksellinen ureapitoisuuden määrittäjä (Nousiainen ja Huhtanen 2004). Laktoosipitoisuus ei eronnut ryhmien välillä. Laktoosipitoisuus on usein maidossa suhteellisen vakio. Sen suhde muihin ainesosiin vähenee lypsykauden alussa, jos energiantarve ei tyydyty (Thomas ja Martin 1988).

4.4 Vaikutus painoon ja kuntoluokkaan

Tässä kokeessa elopaino laski poikimisen jälkeen maidontuotantohuippuun (5 - 6 viikkoa) saakka, jonka jälkeen se lisääntyi. KVR-ryhmässä elopainon lisääntyminen tapahtui nopeammin verrattuna MVR-ryhmään. Elopainon lasku poikimisen jälkeen johtuu lypsylehmän negatiivisesta energiatasapainosta lypsykauden alussa (Kokkonen 2005). Täten tarvittava energia tuotetaan suureksi osaksi lehmän omista kudoksista. Korkea väkirehumäärä voi vaikuttaa edullisesti energiatasapainoon ja vähentää elopainon alenemista. Korkean väkirehumäärän vaikutus elopainon alenemisen vähentymiseen ei ole kuitenkaan yhtä tehokasta lypsykauden alkupuolella kuin keskivaiheilla. Tämä voi johtua siitä, että rasvakudos vastaanottaa insuliinia huonommin tai että insuliinin vaste glukoosiin ja propionihappoon on heikompi lypsykauden alussa (Kokkonen 2005).

Huolimatta elopainon lisääntymisestä lypsykauden edetessä, kuntoluokituspisteet laskivat ensimmäisen maidontuotantoviikon 3,3 pisteestä ja jäivät 2,9 - 3,1 pisteen väliin ilman selvää suuntausta ylös tai alaspäin. Tämä voi johtua ruoansulatuskanavan sisällöstä lisääntyneen syönnin ansiosta, jolloin painon lisääntymistä ei havaita kuntoluokan parantumisena. Syynä voi olla myös kuntoluokittajan virhearviot tai kuntoluokituksen pisteytyksen epäsäännöllisyys suhteessa elopainon lisääntymiseen.

5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää väkirehumäärän vaikutuksia lypsylehmien säilörehun syöntiin ja syöntikäyttäytymiseen sekä tuotokseen lypsykauden alussa. Väkirehun määrän vaikutuksia on tutkittu paljon niukemmalla väkirehustuksella. Tilojen väkirehun osuus rehustuksessa saattaa ylittää jopa 60 %, joten on tärkeää selvittää väkevän rehustuksen vaikutusta lehmiin. Tutkimustietoa väkirehun määrän vaikutuksista säilörehupohjaisella ruokinnalla lypsykauden alussa on suhteellisen vähän.

Kokeessa tarkasteltiin kaura-rypsipohjaisen väkirehun määrän lisäämisen vaikutuksia säilörehupohjaisella ruokinnalla. Kokeessa oli mukana 30 Ayshire-rotuista lehmää, joiden syöntiä, käyttäytymistä ja tuotosta seurattiin 100 ensimmäisen päivän ajan poikimisen jälkeen. Koe tehtiin MTT:n Minkiön tutkimuspihaton osastossa, jossa oli eläinkohtaiset säilörehun syöntiä ja syöntiaikaa seuraavat vaakakupit. Lehmiä myös tarkkailtiin mahdollisten rehustuksen väkevyydestä johtuvien käyttäytymispoikkeamien havaitsemiseksi. Koe tehtiin jatkuvan satunnaistetun mallin mukaisesti. Kokeessa oli kaksi ryhmää eli matalan väkirehutason eläimet (MVR) sekä korkean väkirehutason eläimet (KVR). Vähemmän väkirehua saaneet eläimet saivat väkirehua 10 kg (ensikot) tai 13 kg (vanhemmat lehmät) päivässä. Väkevämmän ruokinnan ryhmässä vastaavat väkirehumäärät olivat 15 kg (ensikot) ja 18 kg (vanhemmat lehmät). Herutuksen kesto oli MVR-ryhmässä 11 vuorokautta ja KVR-ryhmässä 17 vuorokautta.

Väkirehun määrän lisääminen vähensi säilörehun syöntiä, mutta lisäsi syönnin kokonaismäärää. Toteutuneet väkirehun osuudet kuiva-aineen syönnin kokonaismäärästä olivat 64 % (KVR) ja 52 % (MVR). Syönnin kokonaismäärä oli KVR-ryhmässä keskimäärin 2,1 kg ka suurempi kuin MVR-ryhmässä. Korvaussuhde oli 0,41 kg ka säilörehua / kg ka väkirehua. Säilörehun syönnissä oli havaittavissa neljä syöntihuippua, eikä syönnin rytmittyminen poikennut juuri ryhmien välillä. Syöntihuiput tapahtuivat rehunjaon ja lypsyltä tulon jälkeen, lisäksi yöllä oli havaittavissa pienempi syöntihuippu. Enemmän väkirehua saaneet lehmät söivät säilörehua yhtä monta kertaa päivässä kuin vähemmän väkirehua saaneet eläimet. KVR-ryhmän eläinten yksittäinen syöntikerta oli lyhempi ja sen aikana syöntimäärä oli pienempi kuin MVR-ryhmällä. Säilörehun syöntimäärä lisääntyi poikimisen jälkeen molemmissa ryhmissä, mutta määrän lisääntyminen tapahtui nopeammin vähemmän väkirehua saaneiden ryhmässä. Syöntimäärän lisääntymiseen liittyi kokonaissyöntiajan lisääntyminen, sekä syöntiajan lisääntyminen syöntikertaa kohden. Sitävastoin syönti hidastui lypsykauden edetessä, ja oli numeerisesti hitaampi vähemmän väkirehua saaneilla lehmillä.

Säilörehun syöntiaika oli pidempi vähemmän väkirehua saaneilla lehmillä verrattuna väkevämmän rehustuksen koeryhmään. Väkevämpää rehustusta saaneet lehmät märehtivät vähemmän aikaa ja oleskelivat vähemmän lypsyalueella. Syy pidempään lypsyalueella oleskeluun johtuu todennäköisesti muista syistä kuin rehustuksen väkevyydestä, kuten hierarkia-arvojen eroista eri ryhmissä.

Tässä kokeessa ei saavutettu tuotosvastetta väkirehun määrää lisäämällä vaikka rehun kokonaissyönti lisääntyi selvästi. Tuotosvaste oli vain 0,027 kg/kg ka väkirehua. Energiakorjattuna maitona ilmaistuna tuotosvaste oli negatiivinen eli - 0,22 EKM/kg ka. Huono tuotosvaste voi johtua tässä kokeessa väkirehun suuresta määrästä ja koostumuksesta.Väkirehun suuri määrä saattoi vaikuttaa negatiivisesti säilörehun sulavuuteen, jolloin hyväksikäytetyn energian saanti väheni. Suurempi kuiva-aineen syönti näytti kerryttävän KVR-ryhmän eläinten elopainoa maidontuotannon sijaan. Maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksissa ei havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä, mutta ne olivat numeerisesti alhaisempia KVR-ryhmässä.

Väkirehun määrä vaikutti käyttäytymiseen pihatossa suhteellisen vähän, vaikka ryhmien välinen ero väkirehun määrissä oli huomattava. Säilörehun syönti väkevämpää rehustusta saaneilla eläimillä vähenee syöntiajan vähenemisen seurauksena. Vaikka rehustus väkevöityy, eläinten tarve esteettömään pääsyyn syöntipaikalle on ilmeinen, sillä eläimet käyvät syömässä säilörehua yhtä monta kertaa päivässä väkirehun määrästä riippumatta.

Lähteet

Agnew, K.W., Mayne, C.S. & Doherty, J.G. 1996. An examination of the effect of method and level of concentrate feeding on milk production in dairy cows offered a grass silage-based diet. *Animal Science* 63: 21-31.

Albright, J.L. 1987. Dairy animal welfare: Current and needed research. *Journal of dairy science* 70: 2711 - 2731.

Allen, M. 1996. Physical Constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 74: 3063 – 3075.

Allen, M. 2000. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 83: 1598 - 1624.

Anderson, M. 1984. Drinking water supply to housed dairy cows. Sveriges Lantbruksuniversitet Diss. Rep. 130. Uppsala Ruotsi.

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

Apper-Bossard, E., Peyraud, J.L., Faverdin, P. & Meschy, F. 2006. Changing dietary cation-anion difference for dairy cows fed with two contrasting levels of concentrate in diets. *Journal of Dairy Science* 89: 749-760.

Arave, C.W. & Albright, J.L. 1981. Cattle behavior. *Journal of Dairy Science* 64: 1318 - 1329.

Arnold, G.W. 1985. Ingestive behaviour. Kirjassa: Fraser, A.F. (toim.) World Animal Science, osa A: Basic information. 5. painos: Ethology of Farm Animals. s.183 - 198. Elsevier Science Publishers V.B. Amsterdam, Alankomaat.

Artturi rehuanalyysi, MTT & Valio. Rehuanalyysin tulkinta. Käyty 1.11. 2007. Nähtävissä www-sivuilla: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi/Rehuanalyysin_tulkinta_marehtijat

Aston, K., Sutton, J.D. & Fisher, W.J. 1995. Milk production from grass silage diets: strategies for concentrate allocation. *Animal Science* 61: 465-480.

Barker, S.B. & Summerson, H. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *The Journal of Biological Chemistry* 138: 535 – 554.

Bauman, D.E., & Griinari, M.J. 2005. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition* 23: 203 – 227.

Beauchemin, K.A., Maekawa, M. & Christensen, D.A. 2002. Effect of diet and parity on meal patterns of lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 82: 215 – 223.

Castle, M.E., Gill, M.S. & Watson, J.N., 1983. Silage and milk production: a comparison between three rates of high-protein concentrate supplementation of grass silages of two digestibilities. *Grass and Forage Science 38*: 135-140.

Conrad. H.R., Pratt, A.D. & Hibbs, J.W. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science* 47: 54 – 62.

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

DePeters, E.J. & Cant, J.P. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A review. *Journal of Dairy Science* 75: 2043 – 2070.

DeVries, T.J. & Keyserlingk, M.A.G. 2005. Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88: 625 - 631.

Ekern, A., Havrevoll, Ø., Haug, A., Berg, J. Lindstad, P. & Skeie, S. 2003. Oat and barley based concentrate supplements for dairy cows. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science 53: 65 - 73. ref. Heikkilä

Emery, R. S. 1978. Feeding for increased milk protein. Journal of Dairy Science 61: 825 - 828.

Ferris, C.P., Gordon, F.J., Patterson, D.C., Kilpatrick, D.J., Mayne, C.S. & McCoy, M.A. 2001. The response of dairy cows of high genetic merit to increasing proportion of concentrate in the diet with a high and medium feed value silage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*: 136: 319 – 329.

Flatt, W.P., Moe, P.W., Moore, L.A., Hooven, N.W., Lehmann, R.P., Orskov, E.R. & Henken, R.W. 1969. Energy utilization by high producing dairy cows. P. 235. Kirjassa: Proceedings of the 4th Symposium on Energy Metabolism of Farm Animals. European Association of Animal Production. 12. painos. Oriel Press, Newcastle-Upon -Tyne. (ref. Tyrrell 1980)

Fraser, A.F. & Broom, D.M. 1990. Feeding. Kirjassa: Farm animal behaviour and welfare. 3. painos. Bailliére Tindall, Lontoo. s.79 - 99.

Friggens, N.C., Emmans, G.C., Kyriazakis, I., Oldham, J.D. & Lewis, M. 1998a. Feed intake relative to stage of lactation for dairy cows consuming total mixed diets with a high or low ratio of concentrate to forage. *Journal of Dairy Science* 81: 2228 – 2239.

Friggens, N.C., Nielsen, B.L., Kyriazakis, I., Tolkamp, B.J. & Emmans, G.C. 1998b. Effects of feed composition and stage of lactation on the short-term feeding behaviour of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 81: 2368 – 3277.

Gill, M., Rook, A.H. & Thiago L.R.S. 1988. Factors affecting the voluntary intake of roughages by the dairy cow. Kirjassa: Garnsworthy P.C. (toim.) *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow*, s. 262 - 279. Lontoo. Butterworths.

Gonyu, H.W. & Stricklin, W.R., 1981. Eating behaviour of beef cattle groups fed from a single stall or trough. Appl. Anim. Ethol., 7: 123 – 124. Ref. Arnold 1985.

Gordon,-F-J; Porter,-M-G; Mayne,-C-S; Unsworth,-E-F; Kilpatrick,-D-J 1995. Effect of forage digestibility and type of concentrate on nutrient utilization by lactating dairy cattle *Journal of Dairy Research*: 62: 15 – 27. (Abstrakti)

Grant, R.J. & Albright, J.L. 1995. Feeding behavior and management factors during the transition perion in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 73: 2791 – 2803.

Harb, M.Y., Vivien, S., Reynolds, R.C. & Campling. 1985. Eating behaviour, social dominance and voluntary intake of silage in group-fed milking cattle Grass and Forage Science 40: 113–118 (abstrakti).

Heikkilä, T. & Huida, L. 2004. Kauran ja ohra-kauraseoksen määrän vaikutus maidontuotannossa. MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Maataloustieteenpäivät 2004.www.smts.fi

Huhtanen, P. 1993. Factors influencing forage intake. In: Fredeen, A., (toim.). *Proceedings of Nova Scotia forage conference: seeding to feeding.* Nova Scotia Forage Council, Canada. s. 103 - 127. ref. Huhtanen 1998

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

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. The Animal Consortium 2007 *Animal* 1: 758 - 770.

Huhtanen, P. & Rinne, M., 2007. Effects of increasing the milk yield of dairy cows on milk composition. *Journal of Animal and Feed Sciences* 19: S1: 42 – 58.

Huida, L., Väätäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215 – 230.

Ingvartsen, K.L. & Andersen, J.B. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science* 83: 1573 – 1597.

Jaakkola, S. & Huhtanen, P., 1993. The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on nitrogen digestion and rumen fermentation in cattle. *Grass and Forage Science* 48: 146-154.

Jaakkola, S., Huhtanen, P. & Hissa, K. 1991. The effect of cell wall degrading enzymes or formic acid on fermentation quality and on digestion of grass silage by cattle. *Grass and Forage Science* 48: 75 – 87. ref. Huhtanen 1998.

Jago, J., Jackson, A. & Woolford, M. 2003. Dominance effects on the time budget and milking behaviour of cows managed on pasture and milked in an automated milking system. : *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 63: 120-123.

Jenkins, T.C. & McGuire, M.A. 2006. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *Journal of Dairy Science* 89: 1302 – 1310.

Kokkonen, T., Tesfa, A., Tuori, M., Hissa, K., Jukola, E. & Syrjälä-Qvist, L. 2000. Effects of early lactation concentrate level and glucogenic feed on feed intake, milk production and energy metabolism in dairy cows and heifers. *Journal of Animal and Feed Sciences* 9: 563 - 583.

Kokkonen, 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. Helsinki.

Kyntäjä, 2007. Suullinen tiedonanto.

Lowman, B.G., Scott N.A. & Sommerville S.H. 1976. *Condition scoring of cattle.* East Scotland College for Agriculture, Bulletin No. 6. s. 31.

Maataloustilastotiedote 2/2002. Maidon, lihan ja kananmunien tuotanto 2001. Tike. MMM. 11s.

Maataloustilastotiedote 2/2007. Maidon, lihan ja kananmunien tuotanto 2006. Tike. MMM. 11 s.

Martin, P.A. & Thomas, P.C. 1988. Dietary manipulation of the yield and composition of milk: Effects of dietary inclusion of barley and oats in untreated or formaldehyde treated forms on milk fatty acid compositon. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 43: 145 - 154.

Martin, P. & Bateson, P. 1993. Recording Methods. Kirjassa: Martin, P. (toim). *Measuring Behaviour, An Introductory guide*. Cambridge, New York. s. 85 - 98.

McCleary, B.V., Solag, V. & Gibson, T.S. 1994. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *Journal of Cereal Science* 20: 51 – 58.

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

Metcalf, J.A., Beever, D.E., Sutton, J.D., Wray-Cahen, D., Evans, R.T. & Humphries, D.J. 1994. The effect of supplementary protein on in vivo metabolism of the mammary gland in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 77: 1816 - 1827.

Montgomery, M.J., & Baumbardt, B.R. 1965. Regulation of food intake in ruminants. 1. Pelleted rations varying in energy concentrations. *Journal of Dairy Science* 48: 569 – 574.

Mould, F.L. 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Animal Feed Science and Technology* 10: 15-30.

Mould, F.L. 1988. Associative effects of feeds. Kirjassa: Ørskov, E.R. (toim.). *World Animal Science B4, Feed Science*. Elsevier, Amsterdam. s. 279-292.

MTT 2004. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Päivitetty 30. Heinäkuuta 2004. Nähtävissä www-sivuilla http://www.agronet.fi/rehutaulukot/.

Mäntysaari, P., Khalili, H., Sariola, J., Kangasniemi, R. & Holma, M. 2006a. Herutusajan väkirehun nostonopeuden ja väkireun koostumuksen vaikutukset maitotuotokseen ja rehun syöntiin alkulypsykaudesta. Maataloustieteen Päivät 2006. www.smts.fi

Mäntysaari, P., Khalili, H. & Sariola, J. 2006b. Effect of Feeding Frequency of a Total Mixed Ration on the Performance of High-Yielding Dairy Cows. Journal of Dairy Science 89: 4312 - 4320.

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

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

Nousiainen, J., Shingfield, K.J. & Huhtanen, P. 2004. Evaluation of Milk Urea Nitrogen as a Diagnostic of Protein Feeding. *Journal of Dairy Science* 87: 386 – 398.

Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T., Huhtanen, P. & Toivonen, V. 1995. Nurmirehun sulavuuden ja väkirehun yhdysvaikutukset lypsylehmillä. Kotieläintieteen päivät 1995. *Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja* 888: 41 – 46. Ref. Huhtanen 1998

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.

Russell, J.B. & Wilson, D.B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science* 79: 1503-1509.

Ryhänen, M., Huhtanen, P., Jaakkola, S. & Ahvenjärvi, S. 1996. EU-jäsenyyden vaikutus maidontuotantoon. Kirjassa: Ylätalo, M. (toim.) Maatalousyritysten sopeutuminen EU:ssa vallitseviin hintasuhteisiin. *University of Helsinki, Department of Economics and Management Publications* 12: 75 - 118. (ref. Huhtanen 1998)

Saarisalo, E., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 1997. Valkuaistäydennyksen vaikutus maidontuotantokauden loppuvaiheessa. Kotieläintieteen päivät 1997. *Maaseutukeskuksen julkaisuja* 914: 167-170.

Sairanen, A., Nousiainen, J. & Khalili, H. 1999. Korkean väkirehumäärän vaikutus maitotuotokseen ja tuotannon kannattavuuteen. *Agro-food'99 posterinäyttely*. Tampere 2 – 4.2.1999.

Sano, H., Hattori, N., Todome, Y., Tsuruoka, J., Takahashit, H & Terashima, Y. 1993. Plasma insulin and glucagon responses to intravenous infusion of propionate and their autonomic control in sheep. *Journal of Animal Science* 71: 3414 – 3422.

Seppälä, S. 2007. Ohrarehun ja rankin käyttö lypsylehmien seosrehuruokinnassa ja niiden vaikutus maidontuotantoon sekä syöntikäyttäytymiseen. Helsingin Yliopisto, Maa- ja metsätieteellinen tiedekunta, Kotieläintieteen laitos. MMM-seminaaritiivistelmä.

Shingfield, K.J., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 2002. Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on intake, feeding behaviour and milk production of dairy cows. *Animal Science* 74: 383 – 397.

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.

Soffie, M., Thines, G. & Garneffe, G. 1976. Relation between milking order and dominance value in a group of dairy cows. *Applied Animal Ethology*: 2: 271 – 276.

Strobel, H.J. & Russell, J.B. 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *Journal of Dairy Science* 69: 2941 – 2947.

Thomas, P.C. & Martin P.A., 1988. The influence of nutrient balance on milk yield and composition. Kirjassa: Garnsworthy, P.C. (toim) *Nutrition and lactation in the dairy cow.* Butterworths, London s. 97 – 118.

Thomas, C. & Rae R.C. 1988. Concentrate supplementation of silage for dairy cows. Kirjassa: Garnsworthy, P.C. (toim) *Nutrition and lactation in the dairy cow.* Butterworths, London s. 327 – 354.

Thomas, C. & Thomas, P.C. 1988. Response to supplementary feeding. Kirjassa: Mayne, C.S. (toim) *Silage for milk production.* BQS Occ. symp. no 23.

Tyrrell 1980. Limits to milk production efficiency by the dairy cow. *Journal of Animal Science* 51: 1441 – 1447.

Van Soest, P.J. 1982. The Ruminant Forestomach. Kirjassa: Van Soest, P.J. (toim.) *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University press, Ithaca and London. s. 230 – 253.

Van Soest P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583 – 3597.

Wilson, R.K. & Flynn, A.V. 1979. Feeding behaviour of cattle when offered silage in troughs during winter and summer. *Applied Animal Ethology* 5: 35 – 41. Ref. Arnold 1985.