

## Kokoviljasäilörehu karjatilalla

Antti Suokannas, Aarne Pehkonen, Heikki Mäkinen,  
Mikko Tuori ja Seppo Pentti



Maa- ja elintarviketalous 40  
76 s., 1 liite

## **Kokoviljasäilörehu karjatilalla**

Antti Suokannas, Aarne Pehkonen, Heikki Mäkinen,  
Mikko Tuori ja Seppo Pentti

ISBN 951-729-828-5 (Painettu)  
ISBN 951-729-829-3 (Verkojulkaisu)  
ISSN 1458-5073 (Painettu)  
ISSN 1458-5081 (Verkojulkaisu)  
[www.mtt.fi/met/pdf/met40.pdf](http://www.mtt.fi/met/pdf/met40.pdf)

Copyright

MTT

Antti Suokannas, Aarne Pehkonen, Heikki Mäkinen,

Mikko Tuori ja Seppo Pentti

Julkaisija ja kustantaja

MTT

Jakelu ja myynti

MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola), 03400 Vihti

Puhelin (09) 224 251, telekopio (09) 224 6210

sähköposti: [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

Julkaisuvuosi

2003

Kannen kuva: Seppo Pentti

Painopaikka

Data Com Finland Oy

# Kokoviljasäilörehu karjatilalla

Antti Suokannas<sup>1)</sup>, Aarne Pehkonen<sup>2)</sup>, Heikki Mäkinen<sup>3)</sup>, Mikko Tuori<sup>4)</sup> ja Seppo Pentti<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) maatalousteknologian tutkimus (Vakola), Vakolantie 55, 03400 Vihti, [antti.suokannas@mtt.fi](mailto:antti.suokannas@mtt.fi)

<sup>2)</sup>Helsingin yliopisto, Maa- ja kotitalousteknologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, [aarne.pehkonen@helsinki.fi](mailto:aarne.pehkonen@helsinki.fi)

<sup>3)</sup>Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, [heikki.makinen@helsinki.fi](mailto:heikki.makinen@helsinki.fi)

<sup>4)</sup>Helsingin yliopisto, Kotieläintieteen laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, [mikko.tuori@animal.helsinki.fi](mailto:mikko.tuori@animal.helsinki.fi)

<sup>5)</sup>Työteho-seura (TTS), PL 13, (Kiljavantie 6) 05201 Rajamäki, [seppo.pentti@tts.fi](mailto:seppo.pentti@tts.fi)

## Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kokoviljasäilörehun säilöntälaatua, nurmirehun korjuutekniikan soveltuvuutta kokoviljasäilörehun korjuussa, korjuukustannuksia ja kokoviljan vaikutusta maitotilan taloudelliseen tulokseen.

Ohraa ja vehnää säilöittäessä, suuri määrä 6 l puhdasta muurahaishappoa tuotettiin kohti, vähensi ammoniakkityypin muodostusta ja valkuaisen hajoamista laboratorikokeissa. Kuitenkin 2 l puhdasta muurahaishappoa on tuottanut yhtä hyvää tai parempilaatuista rehua kuin suuremman muurahaishappomäärän käyttö. Kokoviljan valkuaisen hajoavuuden merkitys on vähäinen johtuen kokoviljan pienestä raakavaluuaipitoisuudesta, edellyttäen ettei se vaikuta rehun syöntiä heikentävästi. Urealla säilöittäessä muodostui runsaasti voi-happoa, kun raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus oli 35 %. Tällöin rehu soveltuu vain lihakarjalle.

Suoraan kasvustoa korjaavien menetelmien merkittävin etu on pienet alle 3 %:n korjuutappiot kuiva-ainesadosta. Paalain- ja noukinvaunuketjujen ongelmana on erillinen niittovaihe, joka varistaa arvokkaita jyviä ja tähkiä peltoon. Näiden ketjujen korjuutappiot vaihtelivat koneityypistä riippuen 6,3 – 14,7 % kuiva-ainesadosta. Kenttäkokeissa havaittiin sadon kokonaisuutensa, koneiden säätöjen ja ajotekniikan vaikuttavan selvästi korjuutappioihin.

Noukinvaunumenetelmässä korjuukustannukset ovat 7,7 € rehutonna kohti. Kun verrataan irtotavara- ja pyöröpaalainketjuja, ovat konekustannukset samat, mutta pyöröpaalimenetelmässä muovikustannus on suurempi. Pyöröpaalien käärintään tarvittava muovi maksaa 5,3 € rehutonna kohti. Laakasiilon rakennus- ja muovikustannus on 2,7 € rehutonna kohti, joten varastointi laakasiilossa on noin puolet halvempaa kuin pyöröpaaleissa nykyisillä muovihinnoilla.

Kokoviljasäilörehun ja nurmisäilörehun tuotantokustannukset ovat jotakuinkin yhtäsuuret. Samoin näiden rehulajien tuotantovaikutus maidontuotannossa vastaavat toisiaan. Kokoviljasäilörehut vehnästä ja ohrasta ovat ruokinnassa samanarvoisia. Kokoviljasäilörehun suurin hyöty tilatasolla on tutkimustulosten perusteella sen mahdollistama joustavuus tuotannon järjestelyissä.

Kokoviljasäilörehun viljely näyttää olevan hyvä lyhyen aikavälin toimintastrategia erityisesti sellaisille maitotiloille, jotka ovat laajentamassa tuotantoaan huomattavasti. Tämänhetkisten väki- ja karkearehujen hintasuhteiden vallitessa laajentavien tilojen kannattaa suunnitella lehmien ruokinta entistä enemmän ostettuun väkirehuun perustuvaksi. Kokoviljasäilörehun avulla voidaan tällaiseen ratkaisuun päätyvillä tiloilla joustavasti hoitaa karjanlannan sijoittaminen ja nurmien uudistaminen.

---

*Asiasanat: kokoviljasäilörehu, ohra, vehnä, rehunsäilöntä, korjuutekniikka, kustannukset, kannattavuus*

---

# Whole-crop cereal silage at dairy farms

Antti Suokannas<sup>1)</sup>, Aarne Pehkonen<sup>2)</sup>, Heikki Mäkinen<sup>3)</sup>, Mikko Tuori<sup>4)</sup> ja Seppo Pentti<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Agricultural Engineering Research (Vakola), Vakolantie 55, FIN-03400 Vihti, Finland, [antti.suokannas@mtt.fi](mailto:antti.suokannas@mtt.fi)

<sup>2)</sup>University of Helsinki, Department of Agricultural Engineering and Household Technology, PL 27, FIN-00014 University of Helsinki, Finland, [aarne.pehkonen@helsinki.fi](mailto:aarne.pehkonen@helsinki.fi)

<sup>3)</sup>University of Helsinki, Department of Economics and Management, PL 27, FIN-00014 University of Helsinki, Finland, [heikki.makinen@helsinki.fi](mailto:heikki.makinen@helsinki.fi)

<sup>4)</sup>University of Helsinki, Department of Animal Science, PL 27, FIN-00014 University of Helsinki, Finland, [mikko.tuori@animal.helsinki.fi](mailto:mikko.tuori@animal.helsinki.fi)

<sup>5)</sup>TTS-Institute, (The Work Efficiency Institute), PL 13, FIN-05201 Rajamäki, Finland, [seppo.pentti@tts.fi](mailto:seppo.pentti@tts.fi)

## Abstract

The aim of this research project was to investigate the quality of whole-crop cereal silage, the applicability of grass-silage harvesting equipment to whole-crop silage harvesting, the harvesting costs, and the effect of whole-crop silage on the economic yield of dairy farms.

In laboratory-scale ensiling of barley and wheat, a big dosage of pure formic acid, 6 litres per ton of silage, reduced the production of ammonia nitrogen and the breakdown of protein. However, already with 2 litres of pure formic acid per ton, the silage quality became as good as or better than with bigger acid quantities. That is to say that the protein breakdown in whole-crop cereal silage is of little relevance since its crude protein content is small, provided that the breakdown does not reduce the consumption of the silage. The use of urea as a preservative caused an abundant production of butyric acid when the silage dry matter content was 35%. Such silage is suitable only for beef cattle, not for dairy cows.

Methods employing direct harvesting of the standing crop have the advantage of small harvesting losses, under 3% of the dry matter. The problem with baling and loader wagon methods is the separate mowing, which increases the shatter loss of valuable kernels and spikes. The harvesting losses with these methods varied between 6.3% and 14.7% of the dry matter yield, depending on the machine type. The field trials showed that the yield, the adjustments of the machines, and the driving technique all clearly influenced the harvest losses.

With a labour input of one person harvesting whole-crop silage with a loader wagon, the harvesting cost is 7.70 € per ton of silage. Whole-crop silage in round bales is more expensive than loose silage (silage harvested with chopper or loader wagon and stored in a silo or stack). This is due to the higher

plastic cost of bales because the machinery cost is about the same for the round bale and loose silage methods. The plastic cost of round bales is 5.30 € per ton of silage. The building and plastic costs of clamp silos are 2,70 € per ton of silage. Thus, the storage costs of a clamp silo are about half those of round bales, according to present plastic prices.

The production costs of whole-crop cereal silage seem to be at the same level as those of grass silage. The effect of whole-crop cereal silage upon milk production is also very close to that of grass silage, and barley and wheat silage are equal in this respect. The biggest advantage of using whole-crop cereal silage on a farm, according to the research results, seems to be that it allows more flexibility in organising the production.

Production of whole-crop silage seems to be a good short-term strategy especially for farms that are expanding their animal production considerably. With the current price relationship between concentrates and roughage, it is advantageous for expanding farms to base cow feeding more on bought concentrates. On farms relying on this solution, manure spreading and ley re-establishment can be flexibly arranged by means of whole-crop cereal silage.

---

*Index words: whole-crop cereal silage, barley, wheat, silage making, harvesting technology, costs, economic viability*

---

# Alkusanat

Tämä tutkimus on toteutettu vuosina 1999-2002 maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella. Tutkimus ” *Korjuumenetelmän kehittäminen viljakasvuston fraktiointiin märehitjööiden rehuksi ja non-food –käyttöön* ” tehtiin Helsingin yliopiston, MTT maatalousteknologian tutkimuksen (Vakola) ja Työtehoseuran yhteistyönä.

Tutkimuksen lähtökohtana oli yksinkertaistaa karjatilan koneketjuja ja parantaa sitä kautta niiden kannattavuutta. Toisena lähtökohtana oli se, että karjatilalla kaikkien kasvien sato ja nimenomaan viljasato voitaisiin korjata nurmisadon korjuukoneilla. Karjatilalla tarvitaan välttämättä viljaa mm. nurmien uudistamisessa ja etenkin kuivalantaa käyttävillä tiloilla lannan sijoituspaikkana. Näistä lähtökohdista tutkimukselle asetettiin tavoitteet.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko viljan korjuu kokoviljasäilörehuksi menetelmä, jolla voidaan saavuttaa seuraavat tavoitteet: 1) kokoviljasäilörehu on märehitjööille ravitsemusfysiologisesti viljaa parempi rehu, 2) kokoviljasäilörehu on yksikkökustannuksiltaan tilalla tuotettua kuivaa viljaa edullisempaa ja sen hinta on lähellä keskieurooppalaisen perusrehun hintaa ja 3) kokoviljasäilörehu on korjattavissa ja varastoitavissa nurmen korjuuseen soveltuvin konein ja laittein.

Tutkimusryhmä haluaa esittää parhaat kiitokset maa- ja metsätalousministeriölle ja tutkimuksen ohjausryhmälle. Lisäksi kiitämme toimistosihiteeri Tuovi Laaksosta tämän raportin viimeistelystä. Kiitokset kuuluvat myös kaikille muille tutkimusta avustaneille.

Vihdissä joulukuussa 2003

Aarne Pehkonen

Tutkimuksen johtaja



# Sisällysluettelo

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto.....   | 10 |
| 2     | Kokovilja säilörehuna.....  | 12 |
| 2.1   | Johdanto.....   | 12 |
| 2.2   | Muutokset viljakasvuston koostumuksessa.....                              | 13 |
| 2.2.1 | Menetelmät.....   | 13 |
| 2.2.2 | Tulokset.....   | 13 |
| 2.3   | Muurahaishapon määrä säilöittäessä ohraa ja vehnää eri kasvuasteilla..... | 16 |
| 2.3.1 | Menetelmät.....   | 16 |
| 2.3.2 | Tulokset.....   | 16 |
| 2.4   | Kokoviljakasvuston mankelointi ennen säilöntää.....                       | 19 |
| 2.4.1 | Tulokset.....   | 20 |
| 2.5   | Urea ja maitohappobakteeriympäristö säilöntäaineena.....                  | 20 |
| 2.6   | Sängin korkeuden vaikutus kokoviljasadon määrään ja laatuun.....          | 24 |
| 2.7   | Johtopäätökset.....   | 26 |
| 3     | Kokoviljan korjuuteknologia ja korjuutappiot.....                         | 27 |
| 3.1   | Tavoite.....  | 27 |
| 3.2   | Menetelmät.....   | 27 |
| 3.2.1 | Kesän 1999 kokeet.....  | 27 |
| 3.2.2 | Koneiden säädöt ja ajonopeudet.....                                       | 28 |
| 3.2.3 | Kesän 2000 kokeet.....  | 29 |
| 3.2.4 | Kesän 2001 kokeet.....  | 29 |
| 3.3   | Tulokset ja tulosten tarkastelu.....                                      | 30 |
| 3.3.1 | Kesän 1999 kokeet.....  | 30 |
| 3.3.2 | Kesän 2000 kokeet.....  | 34 |
| 3.3.3 | Kesän 2001 kokeet.....  | 37 |
| 4     | Kokoviljasäilörehunkorjuun työtalous.....                                 | 38 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.1   | Kokovilja suojaviljana .....  | 38 |
| 4.2   | Korjuuketjut .....  | 40 |
| 4.2.1 | Korjuuketjujen tarkastelua laskelmin .....  | 42 |
| 4.3   | Tilamallit ja käytettävissä oleva työmäärä .....  | 43 |
| 4.3.1 | Korjuu ja kuljetus .....  | 44 |
| 4.3.2 | Korjuukustannukset urakoinnissa tilastollisesti tarkasteltuna .....                                 | 51 |
| 4.3.3 | Vaihtoehtoinen korjuu puimurilla .....  | 52 |
| 4.3.4 | Korjuukaluston valinta ja koneketjujen soveltuvuus<br>työtaloudellisesti kokoviljankorjuuseen ..... | 53 |
| 5     | Kokoviljasäilörehu ja nurmirehu maidontuotannossa - taloudellinen<br>tarkastelu .....               | 55 |
| 5.1   | Tutkimuksen tausta ja tavoite .....   | 55 |
| 5.2   | Tutkimusaineisto ja –menetelmät .....   | 55 |
| 5.2.1 | Tutkitut vaihtoehdot .....  | 58 |
| 5.3   | Tulokset .....  | 60 |
| 5.4   | Tulosten tarkastelua .....  | 64 |
| 6     | Johtopäätöksiä .....  | 66 |
| 6.1   | Joustavuus tuotannon järjestämisessä .....  | 66 |
| 6.2   | Kokoviljasäilörehun tuotantovaikutus .....  | 67 |
| 6.3   | Korjuutekniikka .....   | 68 |
| 6.4   | Kokoviljasäilörehun viljely antaa lisää mahdollisuuksia karjanlannan<br>käsittelyyn .....           | 68 |
| 6.5   | Kokoviljasäilörehun viljelyssä on mahdollisuus vaikuttaa korjattavan<br>rehun laatuun .....         | 69 |
| 6.6   | Pienimmät korjuutappiot suoraan niittoon perustuvissa<br>menetelmissä .....                         | 70 |
| 6.7   | Paalaamaton rehu on yleensä paalattua edullisempaa .....  | 71 |
| 6.8   | Olkien saatavuus kokoviljasäilörehun sivutuotteena .....  | 71 |
| 6.9   | Loppuyhteenveto .....   | 72 |
| 7     | Kirjallisuus .....  | 73 |
| 8     | Liitteet .....  | 77 |

# 1 Johdanto

Maidontuotannon kannattavuuteen vaikuttaa olennaisesti lehmien ruokintaan käytettyjen rehujen hinta. Tällä hetkellä rehujen tuotantokustannukset ja hintasuhteet ovat sellaiset, että ostettu vilja on useimmilla tiloilla selvästi edullisinta rehua. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että maidontuotantoa laajentavan ja kehittävän viljelijän kannattaa harkita siirtymistä entistä väkirehuvälisempään ruokintaan. Tämän suuntaisen päätökseen joudutaan ottamaan kantaa silloin, kun tilalla ollaan uusimassa rehunkorjuukalustoa tai ruokintalaitteistoja. Tilalla jo olevaan korjuukalustoon tehtyjä investointeja sen sijaan on pidettävä upotettuina kustannuksina, eikä niiden käytöstä luopumisella ole yleensä saavutettavissa merkittävää taloudellista hyötyä. Luontaisesti lehmät ovat karkearehua perusrehunaan käyttäviä eläimiä, joten siirtymistä entistä väkirehuvälisempään ruokintaan voidaan pitää eettisesti ja ekologisesti jossain määrin arveluttavana. Lisäksi vilja on Euroopassa väkirehua, jolla täydennetään ruokinnassa sitä halvempaa perusrehua. Täten kansainvälistä kilpailukykyä ajatellen viljan osuuden lisäämisellä ei ole saavutettavissa kilpailukykyä.

Perinteisesti lehmien perusrehua on maassamme ollut nurmisäilörehu. Sen asema perusrehuna tulee korkeasta yksikkökustannuksesta huolimatta myös säilymään, sillä lehmien ruoansulatusfysiologia vaatii minimimäärän pitkää kuitua. Kuitenkin harvalla tilalla pystytään tuottamaan nurmirehua niin alhaisin yksikkökustannuksin, että se olisi kilpailukykyinen viljaan nähden, harva maidontuotantotila pystyy myöskään tuottamaan rehuviljaa markkinahintaa halvemmalla. Rehuviljaa on maitotiloilla kuitenkin lähes välttämättä viljeltävä nurmien uudistamiseksi. Maitotilan pellonkäytön ongelmiin liittyy myös karjanlannan käsittely; riittävän suuri osa peltoalasta on kynnnettävä ja uudistettava vuosittain, jotta karjanlanta voidaan hyödyntää turvallisesti ja taloudellisesti. Erityisen tärkeää tämä on kuivalantaa käyttävillä tiloilla, joilla lantaa on lähes mahdoton levittää nurmelle. Suurimmilla ja kasvavilla maitotiloilla tähän ongelma-alueeseen on lisättävä myös rehunkorjuukausien työhöistä selviytyminen usein oikukkaissa sääoloissa.

Korjaamalla viljakasvusto kokonaan säilörehuksi on mahdollista ainakin helpottaa em. ongelmia. Tällöin nurmien viljelyala ja uudistustarve pienenee, osa karkearehualasta on käytettävissä lannan levitykseen ja nurmien uudistamiseen, säilörehunkorjuun kaksi työhuippua jakaantuvat kolmeen, ja rehuviljan tuotannon säärisä pienenee. Lisäksi tarvittavaa rehuviljaa ei tarvitse tuottaa korkein kustannuksin tilalla, vaan se voidaan hankkia edullisesti ja joustavasti markkinoilta. Kokoviljasäilörehulle saadaan kuitenkin viljojen peltoalaperusteiset tuet, jotka ovat hieman nurmien tukia korkeammat, vaikkakin nurmen ja viljan tukiero kapeni nurmen CAP-tukikelpoisuuden ja kansallisen nurmituen käyttöönoton myötä.

Muun muassa näistä näkökohdista käynnistettiin Helsingin yliopiston, MTT/Vakolan ja Työtehoseuran yhteistutkimushanke ”*Korjuumenetelmän kehittäminen viljakasvuston fraktiointiin märehitjoiden rehuksi ja non-food – käyttöön*”. Hankkeeseen saatiin rahoitusta maa- ja metsätalousministeriöltä. Tässä raportissa esitellään ko. tutkimushankkeen biologinen-, teknologinen- ja taloudellinen osio ja niiden keskeisimmät tulokset. Talousosion tehtävänä hankkeessa oli kytkeä sen puitteissa tuotettua teknologista ja biologista tietoa yhteen ja tarkastella ongelmaa tilakokonaisuuden näkökulmasta. Tavoitteena oli selvittää, voidaanko kokoviljasäilörehun käytöllä parantaa maitotilan taloudellista tulosta, sekä millaisella kokoviljasäilörehun korjuuteknologialla saavutetaan paras tulos.

## 2 Kokovilja säilörehuna

*Mikko Tuori, Pirjo Pursiainen, Seija Jaakkola ja Liisa Syrjälä-Ovist*

### 2.1 Johdanto

Viljan korjuu kokokasvustona säilörehuksi auttaa nurmirehun tuotantoon panostanutta karjatilaa monissa ongelmissa, kuten lannanlevitykseen soveltuvan peltoalan riittävydessä ja korjuukoneketjujen rationalisoinnissa. Nautakarjan ruokintaan kokoviljasäilörehu sopii hyvin osittaiseksi tai jopa kokonaan nurmisäilörehun korvaajaksi. Lihanautojen kasvatuksessa ohra- ja kokoviljasäilörehu on ollut nurmisäilörehun veroinen (Kommeri & Kontturi 1981, Alaspää 1986, Joki-Tokola ym. 2002a, 2002b), mutta toisinaan kokoviljasäilörehulla sonnien kasvu on jäänyt heikommaksi kuin nurmisäilörehulla (Joki-Tokola ym. 2001). Jaakkola ym. (2001, 2002a, 2002b, Heikkilä ym. 2003) ovat tutkineet sekä ohra- että vehnäkokoviljasäilörehun tuotantovaikutusta lypsylehmillä.

Yhteenvedon ruokintakokeiden tuloksista lypsylehmillä voidaan esittää

- verrattuna hyvälaatuisen nurmisäilörehuun kokoviljasäilörehulla voidaan korvata aina 40 % nurmirehusta ilman että maitotuotos laskisi
- ohra ja vehnä ovat samanarvoisia maidontuotantovaikutukseltaan kokoviljasäilörehuksi tehtyinä, vaikkakin vehnäsäilörehun syönti on ollut suurempaa kuin ohrasäilörehun
- kokoviljasäilörehun rehuarvo muuttuu verraten vähän maitotuleentumisasteelta taikinatuoteentumisasteen lopulle asti. Koska satomäärä on tällöin suurin, suositeltava korjuuaika on taikinatuoteentumisen lopulla.

Edellisestä käy ilmi, että kokoviljasäilörehun soveltuvuus nurmisäilörehun korvaajana on laajalti selvitetty. Tässä tutkimusosassa lähdettiin tutkimaan viljakasvuston eri fraktioiden kehitystä, jolloin voidaan arvioida kasvuston käyttömahdollisuuksia rehukäytön lisäksi non-food -tuotannossa. Toisena tutkimuskohteena oli muurahaishapon käyttömäärän selvittäminen kokoviljakasvuston säilönnässä. Kasvuston murskaamisen vaikutusta ennen säilöntää tutkittiin kahdessa seuraavassa säilöntäkokeessa, jossa oli mukana myös säilöntäainetekijöitä (urea ja ymppi).

Tässä osiossa tutkittiin

- ohra- ja vehnäkasvuston kehitystä maitotuleentumisasteelta täystuleentumiseen. Tutkittavia kohteita olivat kasvifraktioiden (tähkä, lehti, korsi) osuus sadosta, niiden koostumus ja sulavuus

- ohra- ja vehnäkasvustojen säilöntää, jolloin tutkittavia tekijöitä olivat kasvuaste ja muurahaishappotasotaso
- ohrakokoviljakasvuston murskaus mankeloimalla ennen säilöntää sekä erilaiset säilöntäaineet (muurahaishappo, maitohappobakteeriympäristö, urea)
- sängin pituuden vaikutus laskennalliseen korjattavan sadon määrään ja sulavuuteen.

## 2.2 Muutokset viljakasvuston koostumuksessa

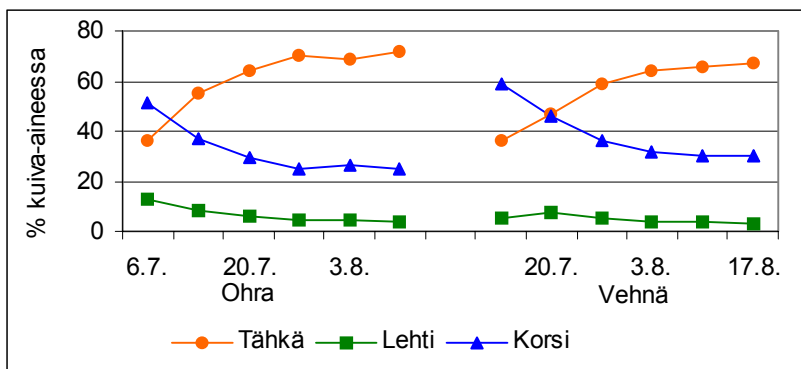
### 2.2.1 Menetelmät

Kesällä 1999 kerättiin ohrasta ja vehnästä kasvustonäytteitä alkaen maitotuleentumisasteelta täystuleentumiseen saakka. Viljalajikkeet olivat Mette (ohra) ja Satu (kevätnä). Näytteistä mitattiin pituus (korsi, tähkä), korren ja tähkän osuus kuivapainosta, fraktioiden koostumus ja orgaanisen aineen *in vitro* -sulavuus.

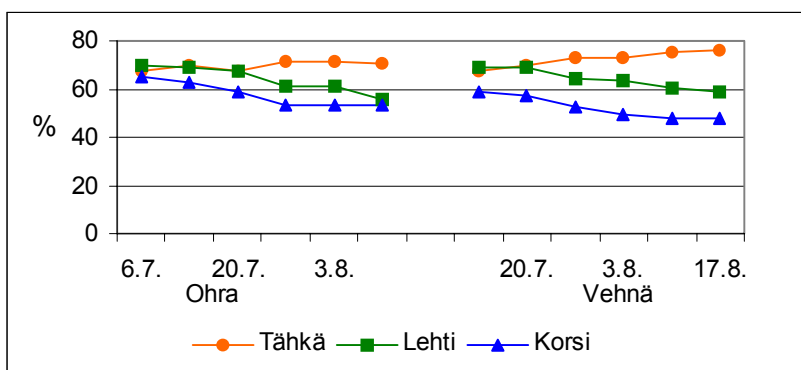
Kuten nurmisadonkin kehityksessä myös viljakasvuston kehityksessä korjuuajankohdan määrätymiseen vaikuttavat sadon määrä ja laatu, jolloin laadulla tässä tarkoitetaan sulavuutta. Sekä ohralla että vehnällä kuiva-ainesadon määrä nousee maitoasteelta vielä taikina-asteen loppupuolelle asti, sitten kokonaissato saattaa jopa hieman laskea. Korjuuajankohta vaikuttaa kokoviljakasvuston sulavuuteen lähinnä tähkän, lehtien ja korren osuuksien muutoksen kautta kasvustossa.

### 2.2.2 Tulokset

Ohran ja vehnän eri fraktioiden osuudet kuiva-ainesadosta maitotuleentumisasteelta täystuleentumiseen esitetään kuvassa 1. Huomattavimmat muutokset ovat tähkän osuuden suurentuminen alle 40 %:sta aina 60-70 %:iin saakka. Vastaavasti korren osuus pienenee 50-60 %:sta 20-30 %:iin. Lehtien osuus säilyy melko vähäisenä. Ainoastaan ohran maitotuleentumisasteella lehtien osuus on noussut yli 10 %, muuten niiden osuus ollut viiden prosentin tienoilla.

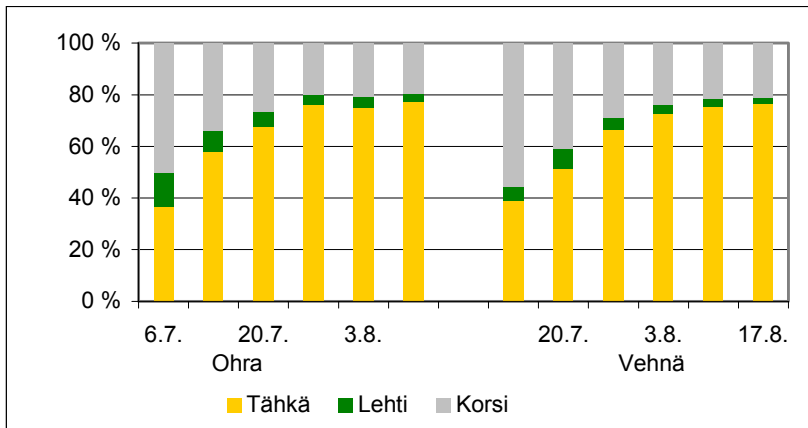


Kuva 1. Ohta- ja vehnäkasvustojen eri fraktioiden osuus kuiva-ainesadosta v. 1999.

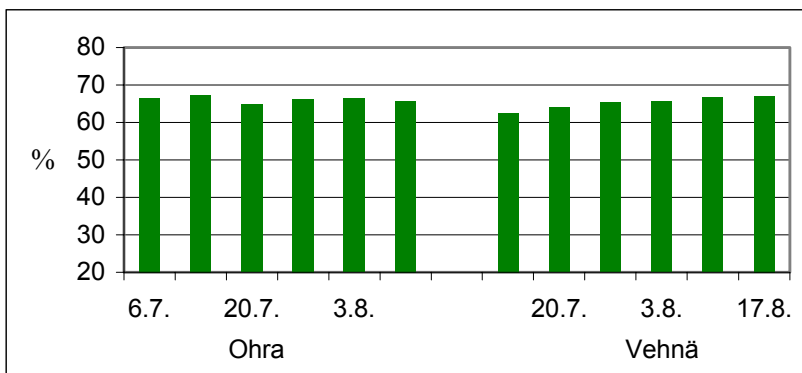


Kuva 2. Ohta- ja vehnäkasvustojen eri fraktioiden orgaanisen aineen sulavuus v. 1999.

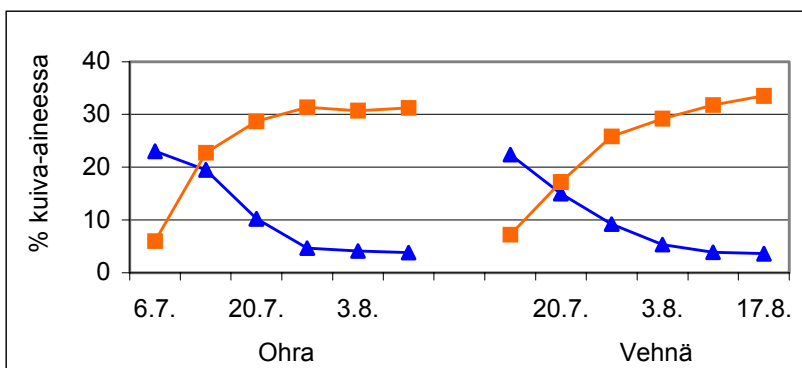
Eri fraktioiden sulavuuden muutokset ovat samansuuntaiset osuuksien muutoksen kanssa: Korren osuuden vähentyessä myös sen sulavuus vähenee (kuva 2). Tähtän sulavuudessa muutokset ovat kuitenkin vähäisemmät. Taiminatuleentumisvaiheessa tähtän osuus sulavasta orgaanisesta aineesta on 60-80 % (kuva 3). Koko kasvuston sulavuus pysyy kuitenkin melko vakiona maitotuleentumisvaiheesta lähtien, koska sulavamman tähtän osuuden kasvaminen korvaa korren sulavuuden huonontumisen (kuva 4). Tähtän ja jyvien kehittyessä tärkkelyspitoisuus kasvaa sokeripitoisuuden laskiessa (kuva 5). Ohran sulavuus maitotuleentumisasteella on yleensä suurempi kuin vehnän, mutta tuleentumisen edistyessä ero pienenee (kuva 4). Lisäksi vuosien välinen vaihtelu viljakasvustojen sulavuudessa saattaa olla huomattavaa.



Kuva 3. Sulavan orgaanisen aineen osuus ohra- ja vehnäkasvustojen eri fraktoissa v. 1999.



Kuva 4. Ohra- ja vehnäkasvuston orgaanisen aineen sulavuus in vitro v. 1999.



Kuva 5. Ohra- ja vehnäkasvuston tärkkelys- ja sokeripitoisuus v. 1999.



## 2.3 Muurahaishapon määrä säilöittäessä ohraa ja vehnää eri kasvuasteilla

### 2.3.1 Menetelmät

Laboratoriosäilöihin (1.6 l lasipurkki) säilöttiin ohraa ja vehnää kolmella kasvuasteella: maitotuleentumisaste, aikainen taikinatuleentumisaste ja myöhäinen taikinatuleentumisaste. Säilönnässä käytettiin muurahaishappoa 0, 2, 4 tai 6 litraa tonnia kohti (100 % muurahaishappoa).

Säilöttyjen purkkien paino mitattiin ensimmäisellä viikolla 2, 3 ja 7 päivän kuluttua, ja sen jälkeen 2, 3, 4 ja 12 viikon kuluttua säilönnästä. Painonmuutos on seurausta käymistappioista säilönnän aikana. Purkkien avaamisen jälkeen säilörehuista tehtiin säilönnän laatua kuvaavat määritykset

### 2.3.2 Tulokset

Säilörehujen raaka-aineiden kokokasvuston koostumus on esitetty taulukossa 1. sekä eri fraktioiden koostumustietoja kuvioissa. Tarkemmat tulokset on esitetty julkaisuissa (Pursiainen ym. 2001, 2002a).

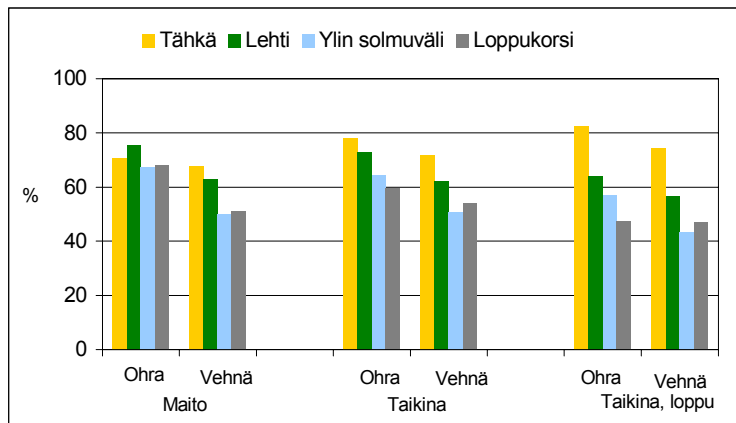
Taulukko 1. Muurahaishappotasokokeen säilörehujen raaka-aineiden koostumus v. 2000.

|                         | Ohra<br>Maito | Taikina | Myö-<br>häinen<br>taikina | Vehnä<br>Maito | Taikina | Myö-<br>häinen<br>taikina |
|-------------------------|---------------|---------|---------------------------|----------------|---------|---------------------------|
| Korjuupv                | 10.7          | 18.7    | 1.8                       | 24.7           | 31.7    | 15.8                      |
| Kuiva-aine (%)          | 25.6          | 24.9    | 36.3                      | 23.4           | 26.6    | 41.8                      |
| Kuiva-aineessa, g/kg KA |               |         |                           |                |         |                           |
| Tuhka                   | 49            | 39      | 42                        | 75             | 66      | 62                        |
| Raakavalk.              | 86            | 72      | 69                        | 116            | 98      | 82                        |
| Raakarasva              | 24            | 25      | 29                        | 22             | 21      | 21                        |
| Raakakuitu              | 251           | 232     | 229                       | 305            | 286     | 254                       |
| NDF488                  | 463           | 478     | 567                       | 552            | 504     |                           |
| ADF265                  | 244           | 237     | 330                       | 316            | 276     |                           |
| ADL18                   | 15            | 15      | 20                        | 30             | 30      |                           |
| Sokerit                 | 143           | 116     | 33                        | 75             | 65      | 17                        |
| Tärkkelys               | 29            | 162     | 329                       | 40             | 117     | 263                       |
| Tähkän osuus (%)        | 25.2          | 40.9    | 61.7                      | 22.3           | 32.6    | 50.9                      |
| Puskurikap.             | 44.1          | 36.5    | 30.2                      | 36.1           | 33.8    | 25.4                      |

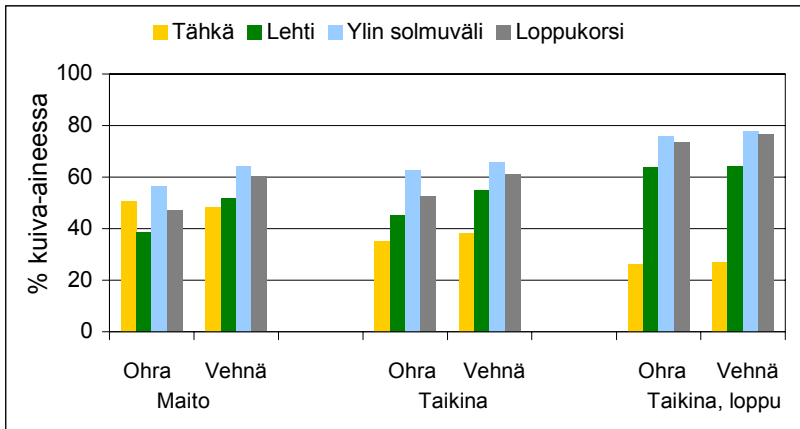
Huom: tärkkelys on määritetty tähkästä, taulukossa se on laskettu koko kasvin kuiva-aineelle. Puskurikapasiteetti on ilmoitettu g maitohappoa/kg KA.

Kuvissa 6 ja 7 on esitetty ohra- ja vehnäkasvustojen orgaanisen aineen sulavuus ja NDF-pitoisuus erikseen tähkässä, lehdissä ja korressa. Kuvissa 8-11 on esitetty säilörehujen pH, voi happopitoisuus, ammoniakkitypen osuus sekä fermentaatiotappio mitattuna painon keventymisenä 3 kk:n säilönnän jälkeen.

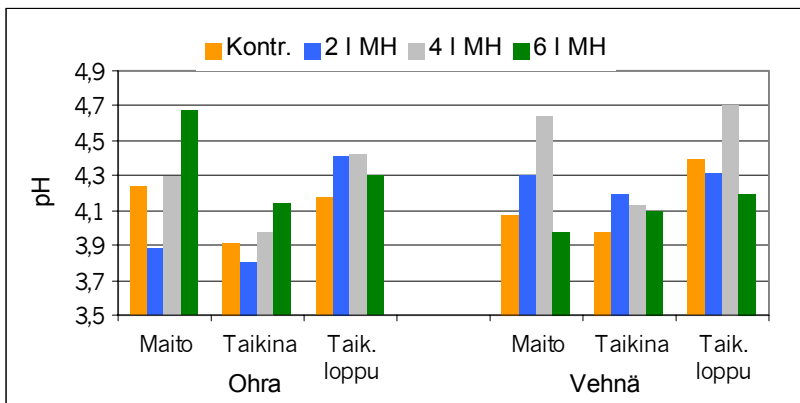
- epäonnistuneita rehuja (korkea pH ja voi happopitoisuus) esiintyi ohran maito- ja taikina-asteella sekä vehnän maitoasteella tehdyissä rehuissa. Näissä rehuissa 2 litraa muurahaishappoa on tuottanut yhtä hyvää tai parempilaatuista rehua kuin käytettäessä enemmän muurahaishappoa. Ilmeisesti suuremman happomäärät ovat ehkäisseet maitohappokäymistä enemmän kuin mikä on ollut niiden happovaikutus.
- isommat happomäärät (4-6 l) ovat vähentäneet valkuaisen hajoamista, mistä on osoituksena selvästi alempi ammoniakkitypen osuus kokonaisuudesta.
- tämän kokeen perusteella riittävä muurahaishappomäärä olisi 2 litraa puhdasta happoa tuoretonnia kohti, mikä vastaa 2,5 litraa säilöntäaineliuosta (80 % muurahaishappoa). Kuitenkin vasta 4 litraa puhdasta happoa (5 l säilöntäliuosta) on tuottanut ammoniakkitypen osuuden (8 % kokonaisuudesta) suhteen hyvälaatuista rehua, ja maitoasteella korjatuissa rehuissa samaan laatuun on päästy käyttämällä 6 l puhdasta happoa (7,5 l säilöntäliuosta).



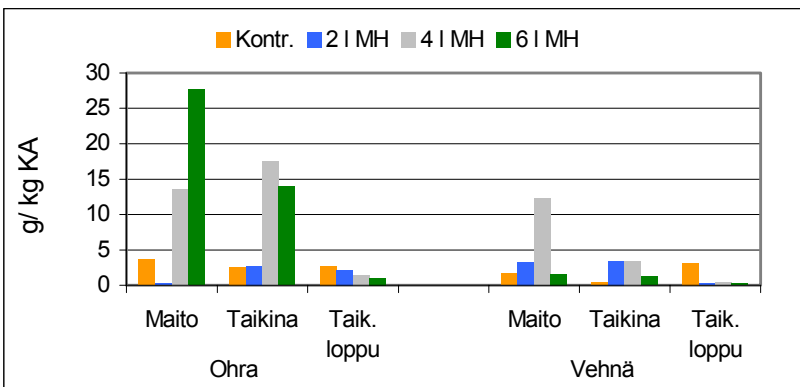
Kuva 6. Ohra- ja vehnäkasvuston fraktioiden in vitro oa-sulavuus eri tuleentumisvaiheissa v. 2000.



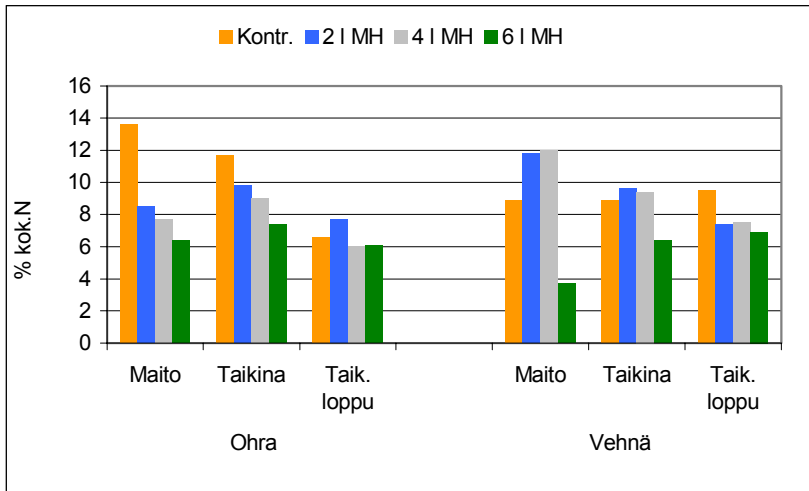
Kuva 7. Ohta- ja vehnäkavuston fraktioiden NDF-pitoisuus eri tuleentumisvaiheissa v. 2000.



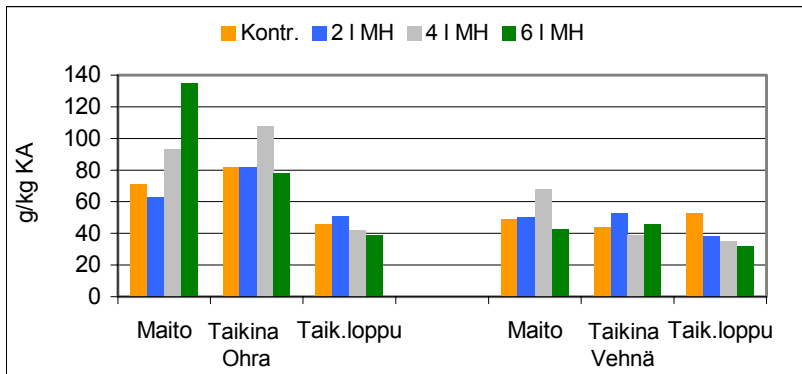
Kuva 8. Ohta- ja vehnäkoviiljasäilörehujen pH v. 2000.



Kuva 9. Ohta- ja vehnäkoviiljasäilörehujen voihappopitoisuus v. 2000.



Kuva 10. Ohta- ja vehnäkokoviljasäilörehujen NH<sub>3</sub>-N, % kok. tyypestä v. 2000.



Kuva 11. Ohta- ja vehnäkokoviljasäilörehujen fermentaatiotappio v. 2000.

## 2.4 Kokoviljakasvuston mankelointi ennen säilöntää

Kokoviljakasvuston säilöntä nurmirehun säilönnästä eroaa mm. vesiliukoisten hiilihydraattien määrässä, joita viljakasvustossa on vähemmän. Toisaalta pienempi raakavalkuaispitoisuus ja puskurikapasiteetti vaikuttavat päinvastoin eli helpottavat säilöntää. Viljakasvuston korsi, joka muodostaa 30-70 % kuiva-ainesadosta (kuva 1) tuleentumisasteesta riippuen, on onttu, ja ilma poistuu vasta rehua tampatessa. Niitto murskaavalla niittokoneella sekä korjuu tarkkuussilppurilla edesauttavat ilman poistumista säilöttävästä massasta. Niittomurskaimet ovat meillä tavallisesti hakkaavia, jotka jossain määrin murskaavat myös kortta. Niiden haittana kokoviljankorjuussa ovat suuret varisemistappiot. USA:ssa ja Kanadassa on tutkittu sekä hinattavia että pai-

koillaan olevia telamurskaimia nopeuttamaan sinimailasen esikuivausta (Shinners ym. 1987, ref. Chiquette ym. 1994, Savoie ym. 1997, Suwarno ym. 1999). Tästä lähti ajatus kokeilla ohrakokoviljakasvuston mankelointia, joka olisi verrattavissa telamurskainkäsitelyyn. Vuonna 2000 niitetty ohrakasvusto ajettiin käsikäyttöisen puristimen läpi, jossa oli kumitelat. Seuraavana vuonna niitetty kasvusto jyrättiin terässylinterillä betonilattialla. Teräsrullan leveys oli 40.5 cm, halkaisija 25 cm, massa 67.6 kg ja puristusvoima 1.7 kg/cm<sup>2</sup> (16.4 N/cm<sup>2</sup>).

Ohrakasvustot oli niitetty käsin 31.8.2000 ja 21.8.2001 (Vakola), ja murskauskäsittely tehty välittömästi niiton jälkeen. Käsitely ja käsittelemätön ohrakokokasvusto silputtiin laboratoriosilppurilla ja säilöttiin kuten edellä on kuvattu. Vuonna 2000 muita koetekijöitä olivat säilöntäaineet: kontrolli ilman säilöntäainetta, muurahaishappo 4 l/tn, sekä neljä ureakäsittelyä (tasot 30 ja 45 kg/tn, molemmat ureatasot joko rakeisena tai liuoksena). Vuonna 2001 koetekijät mankeloinnin lisäksi olivat seuraavat säilöntätekijät: kontrolli, muurahaishappo 4 l/tn, maitohappobakteeriympäristö Biostartti sekä urea 45 kg/tn.

## 2.4.1 Tulokset

Ensimmäisenä vuonna mankeloidussa säilörehussa voihappopitoisuus oli korkeampi kuin ei-käsitellyssä (2.4 g vs. 1.2 g/kg KA, taulukko 2). Rehujen pH-arvoon mankelointi ei tällöin vaikuttanut, mutta käymistappioiden määrä mankeloidussa rehussa oli suurempi (52 vs. 44 g KA per kg rehun kuivaainetta,  $p=0.02$ ). Toisena vuonna mankeloidun säilörehun pH oli alempi, 4.98 vs. 5.38 ( $p<0.001$ ). Mankelointi alensi tällöin myös käymistappiota, 54 vs. 59 g KA/kg KA ( $p=0.03$ , taulukko 4).

## 2.5 Urea ja maitohappobakteeriympäristö säilöntäaineena

### *Urea*

Laboratoriosiiloissa tutkittiin ureaa vuosina 2000 ja 2001 kahdessa kokeessa, joissa ohrakokokasvuston kuiva-aine oli 43 tai 35 %. Urean määrällä 30 tai 45 kg tai annostustavalla (rakeinen/liuosurea) ei ollut suurta eroa vaikutuksessa säilönnälliseen laatuun (taulukko 3). Suurempi määrä ureaa vähensi kuitenkin käymistappiota merkittävästi (42 vs. 56 g/kgKA,  $p<0.001$ ). Kuvempaa rehua säilöittäessä v. 2000 sekä muurahaishappo että urea vähensivät säilörehun voihappopitoisuutta kontrolliin verrattuna (taulukko 2). Sen sijaan kosteampaa kasvustoa säilöittäessä v. 2001 voihappopitoisuus urea- ja kontrollirehussa oli samaa suuruusluokkaa (7.9 vs. 6.4 g/kg rehun KA, taulukko 4).

Tulokset vahvistavat suositusta, että lypsykarjalle kokoviljan säilönnässä ureaa voidaan suositella vasta kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 45 % (Vanhatalo ym. 1999, Heikkilä ym. 2003). Lihanaudoilla rehun voihappopitoisuuden vaikutus syöntiin on ollut vähäisempi, ja urealla säilötyllä kokoviljasäilörehulla on saatu vastaavia kasvutuloksia kuin nurmisäilörehulla (Kommeri & Kontturi 1981, Alaspää 1986).

Taulukko 2. Ohrakasvuston säilöntätulokset luokiteltuna raaka-aineen mankeloinnin ja säilöntäainekäsittelyiden mukaan (36 havaintoa, ureakäsittelyt yhdistetty).

|                                  | Ei mankeloitu |      |      | Mankeloitu |      |      | SE   | p-arvot<br>Mank. | Säil.<br>aine | Yh-<br>dys-<br>vaik. |
|----------------------------------|---------------|------|------|------------|------|------|------|------------------|---------------|----------------------|
|                                  | Kontr.        | MH   | Urea | Kont.      | MH   | Urea |      |                  |               |                      |
| Kuiva-aine                       | 43.5          | 43.0 | 44.4 | 41.4       | 41.8 | 43.7 | 1.05 | 0.004            | 0.001         | 0.46                 |
| pH                               | 4.38          | 4.41 | 7.37 | 4.47       | 4.51 | 7.24 | 0.87 | 0.96             | 0.000         | 0.93                 |
| Kuiva-aineessa, g/kg             |               |      |      |            |      |      |      |                  |               |                      |
| Sokerit                          | 18            | 63   | 12   | 18         | 56   | 11   | 3.7  | 0.15             | 0.000         | 0.17                 |
| Maitohappo                       | 44            | 21   | 45   | 35         | 9    | 42   | 14.9 | 0.21             | 0.001         | 0.71                 |
| Etikkahappo                      | 10            | 3    | 13   | 12         | 4    | 15   | 2.5  | 0.14             | 0.000         | 0.96                 |
| Voihappo                         | 3.4           | 0.1  | 0.7  | 4.8        | 0.9  | 1.4  | 0.76 | 0.004            | 0.000         | 0.56                 |
| Etanoli                          | 8.8           | 3.0  | 4.4  | 11.2       | 3.3  | 5.5  | 1.41 | 0.036            | 0.000         | 0.42                 |
| Kok. typestä, %                  |               |      |      |            |      |      |      |                  |               |                      |
| NH <sub>3</sub> -N               | 5.8           | 2.8  | 54.0 | 6.2        | 2.7  | 53.5 | 3.8  | 0.96             | 0.000         | 0.96                 |
| Liukoinen-N                      | 58.5          | 60.6 | 84.9 | 62.2       | 59.1 | 91.4 | 6.5  | 0.29             | 0.000         | 0.40                 |
| Käymis-<br>tappio 3 kk<br>g/kgKA | 52            | 32   | 48   | 65         | 40   | 50   | 8.0  | 0.020            | 0.000         | 0.31                 |

Raaka-aineen (31.8.2000; ei mankeloitu, mankeloitu) koostumus: kuiva-aine (g/kg) 231, 223. Kuiva-aineessa (g/kg KA): tuhka 67, 70; raakavalkuainen 91, 88; raakarasva 23, 22; raakakuuti 185, 206; NDF 437, 477; ADF 200, 224; ADL 16, 20; puskurikapasiteetti (g maitohappoa/kg KA) 23.1, 22.3.

Taulukko 3. Urean vaikutus säilöntätulokseen (edellisen taulukon urearyhmän 24 havaintoa).

|                            | Ureataso<br>30 kg/tn |       | Ureataso<br>45 kg/tn |       | SE    | p-arvot | Rak./<br>liuos | Yhdys-<br>vaik. |
|----------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|-------|---------|----------------|-----------------|
|                            | Rakei-<br>nen        | Liuos | Rakei-<br>nen        | Liuos |       |         |                |                 |
| Kuiva-aine                 | 43.9                 | 43.8  | 44.9                 | 43.6  | 1.20  | 0.43    | 0.16           | 0.23            |
| pH                         | 6.43                 | 6.28  | 8.27                 | 8.24  | 0.229 | 0.000   | 0.35           | 0.53            |
| Kuiva-aineessa, g/kg       |                      |       |                      |       |       |         |                |                 |
| Sokerit                    | 13                   | 14    | 10                   | 10    | 2.5   | 0.003   | 0.35           | 0.42            |
| Maitohappo                 | 51                   | 43    | 40                   | 41    | 14.0  | 0.24    | 0.56           | 0.47            |
| Etikkahappo                | 12                   | 14    | 14                   | 15    | 2.8   | 0.25    | 0.34           | 0.63            |
| Voihappo                   | 1.3                  | 1.2   | 1.0                  | 0.6   | 0.76  | 0.16    | 0.49           | 0.60            |
| Etanoli                    | 5.4                  | 6.1   | 4.1                  | 4.2   | 0.87  | 0.000   | 0.35           | 0.43            |
| Kok. Typestä, %            |                      |       |                      |       |       |         |                |                 |
| NH <sub>3</sub> -N         | 51.8                 | 50.0  | 54.7                 | 58.4  | 2.75  | 0.000   | 0.41           | 0.02            |
| Liukoinen-N                | 83.0                 | 81.9  | 96.2                 | 91.5  | 5.65  | 0.000   | 0.22           | 0.45            |
| Käymistappio<br>3kk g/kgKA | 55                   | 57    | 39                   | 44    | 4.4   | 0.000   | 0.07           | 0.41            |

### *Maitohappobakteeriympä*

Vuonna 2001 säilöntäkokeessa käytetty ympä oli Valion Biostartti, joka on *Lactobacillus plantarum* -preparaatti. Käyttötavoite on 10<sup>6</sup> per tuoregramma säilöttävää materiaalia.

### **Tulokset**

Ympä oli ainoa säilöntäaine, jolla saatiin hyvälaatuista kokoviljasäilörehua pH-arvolla, voihappopitoisuudella ja ammoniakkitypen osuudella mitattuna (taulukko 4), kun muut koetekijät olivat kontrolli, muurahaishappo 4 l ja urea 45 kg per tonni.

Taulukko 4. Ohrakasvuston säilöntätulokset v. 2001 luokiteltuna raaka-aineen mankeloinnin ja säilöntäainekäsittelyiden mukaan (24 havaintoa).

|                              | Ei mankeloitu |      |       |      | Mankeloitu |      |       |      | SE    | p-arvot<br>Mank. | Säil.<br>aine | Yhdysvaik. |
|------------------------------|---------------|------|-------|------|------------|------|-------|------|-------|------------------|---------------|------------|
|                              | Kont.         | MH   | Ymppi | Urea | Kontr.     | MH   | Ymppi | Urea |       |                  |               |            |
| Kuiva-aine                   | 33.8          | 34.7 | 35.2  | 37.0 | 35.0       | 35.0 | 35.2  | 35.8 | 0.76  | 0.71             | 0.002         | 0.10       |
| pH                           | 4.28          | 5.49 | 3.83  | 7.92 | 4.17       | 4.94 | 3.79  | 7.03 | 0.184 | 0.000            | 0.000         | 0.003      |
| Kuiva-aineessa, g/kg         |               |      |       |      |            |      |       |      |       |                  |               |            |
| Sokerit                      | 13            | 48   | 24    | 11   | 52         | 42   | 33    | 16   | 13.5  | 0.046            | 0.009         | 0.07       |
| Maitohappo                   | 60            | 1    | 65    | 67   | 52         | 10   | 71    | 75   | 13.1  | 0.48             | 0.000         | 0.65       |
| Etikkahappo                  | 7             | 7    | 7     | 17   | 8          | 6    | 7     | 23   | 5.2   | 0.47             | 0.001         | 0.65       |
| Voihappo                     | 9.0           | 3.4  | 0.4   | 4.5  | 3.9        | 4.9  | 0.3   | 11.3 | 2.30  | 0.42             | 0.000         | 0.003      |
| Etanoli                      | 21.0          | 9.5  | 3.6   | 12.3 | 11.9       | 10.7 | 4.7   | 14.5 | 1.64  | 0.10             | 0.000         | 0.000      |
| Kok. Typestä, %              |               |      |       |      |            |      |       |      |       |                  |               |            |
| NH <sup>3</sup> -N           | 11.0          | 8.6  | 3.0   | 52.4 | 6.8        | 7.6  | 3.2   | 58.2 | 3.76  | 0.88             | 0.000         | 0.18       |
| Liukoinen-N                  | 69.5          | 64.9 | 60.5  | 90.6 | 68.0       | 66.0 | 64.1  | 89.6 | 4.07  | 0.73             | 0.000         | 0.70       |
| Käymistappio<br>3 kk, g/kgKA | 82            | 51   | 36    | 68   | 46         | 61   | 35    | 75   | 5.3   | 0.03             | 0.000         | 0.000      |

Raaka-aineen (21.8.2001; ei mankeloitu, mankeloitu) koostumus: kuiva-aine (g/kg) 356, 368. Kuiva-aineessa (g/kg KA): tuhka 74, 73; raakavalkuainen 105, 102; NDF 476, 450; ADF 224, 208; ADL 23, 21; puskurikapasiteetti (g maitohappoa/kgKA) 28.5, 26.6.

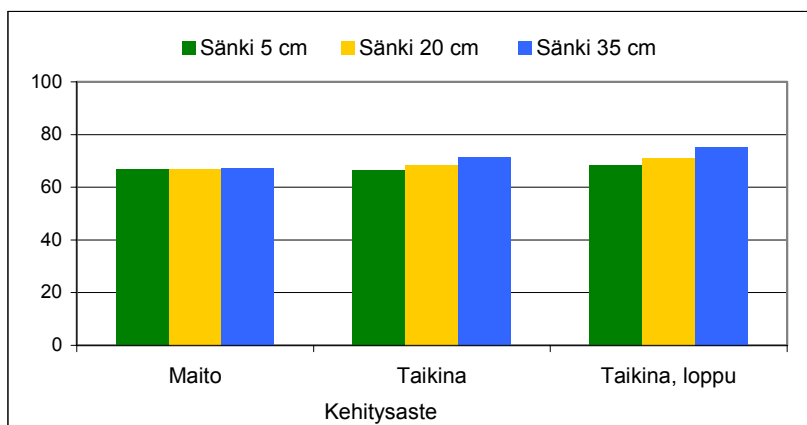


Muurahaishappo-ympyvyyden kokoviljasäilörehun säilönnässä ei ole muualta saatavissa. Sensijaan vertailuja ilman säilöntäainetta tehtyyn kontrollirehuun löytyy. Maitohappobakteeriympörien käyttö on parantanut rehun säilönnällistä laatua (Nia & Wittenberg 1999, Hristow & McAllister 2002), ja myös maitotuotosta (Meeske ym. 2002) ilman säilöntäainetta säilöttyyn kontrolliin verrattuna.

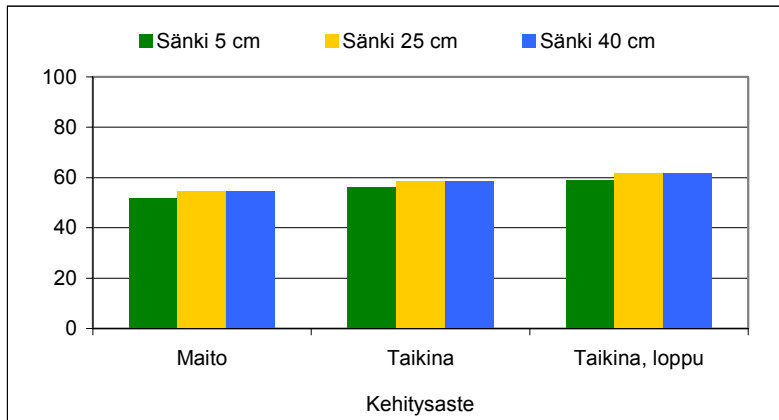
## 2.6 Sängin korkeuden vaikutus kokoviljasadon määrään ja laatuun

Koska tähkän sulavuus on parempi kuin viljan korren sulavuus, korjattavan sadon sulavuus on sitä parempi, mitä pitempi sänki jätetään. Tällöin kokonaissadon määrä pienenee, mutta sulavan orgaanisen aineen määrässä muutos on pienempi. Kuvissa 6 ja 7 on ohra- ja vehnäfraktioiden NDF-pitoisuus ja sulavuus, kun korsi fraktioitu neljään osaan: tähkä, lehti, korren ylin solmuväli ja korren loppuosa (-sänki 5 cm). Ohran korren alempi osa on huomattavasti sulavaa kuin ylin osa, mutta vehnän korressa ei tällaista eroa ollut havaittavissa.

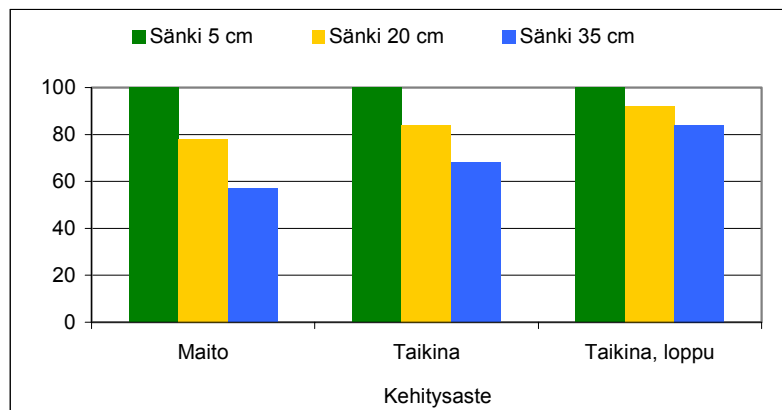
Sängin pituuden vaikutus sulavaan orgaaniseen aineeseen eli D-arvoon on esitetty kuvissa 12 ja 13. Eniten sängin pidentäminen parantaa D-arvoa vasta myöhäisellä taikina-asteella. Tällöin ero ohrasadon D-arvossa on n. 7 %-yksikköä sängin pituuden noustessa 5 cm:stä 35 cm:iin. Vehnäällä ero on pienempi. Sulavan orgaanisen sadon määrä pienenee aina, kun sängin pituutta lisätään 5 cm:stä (kuvat 14 ja 15). Ohran maitoasteella ero on yli 40 %, eli tässä vaiheessa ei kannata jättää ylipitkää sänkeä. Sensijaan taikinavaiheen lopussa leikkuukorkeus pitää arvioida sadon laadun ja määrän optimina.



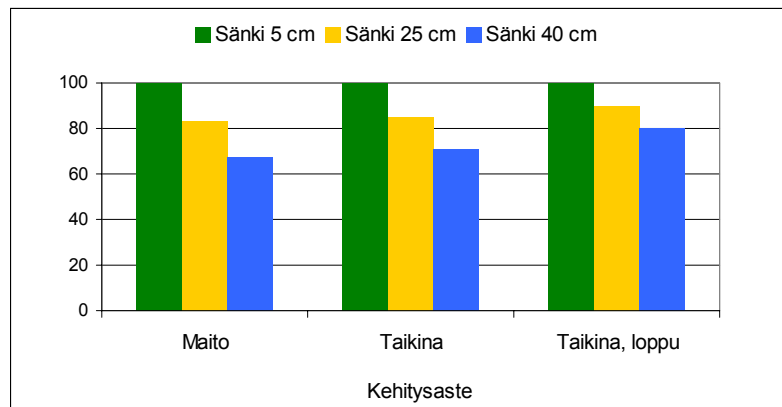
Kuva 12. Sängin pituuden vaikutus ohra- ja vehnäkasvuston laskennalliseen D-arvoon.



Kuva 13. Sängin pituuden vaikutus vehnäkasvuston laskennalliseen D-arvoon.



Kuva 14. Sängin pituuden vaikutus ohraikasvuston suhteelliseen sulavan orgaanisen aineen satoon.



Kuva 15. Sängin pituuden vaikutus vehnäkasvuston suhteelliseen sulavan orgaanisen aineen satoon.

## 2.7 Johtopäätökset

Ohran ja vehnän kokokasvuston sulavuus pysyy melko tasaisena maitotuleentumisasteelta täystuleentumiseen asti, koska tähkän ja jyvien osuuden lisääntyminen kompensoivat korren sulavuuden alentumista. Tällöin sopivan korjuujankohdan määrää sulavan orgaanisen aineen määrä hehtaarilta, mikä on suurin tuleentumisen lopulla. Käytännössä tämä on viimeistään taikinavaiheen lopulla, koska sen jälkeen korjuutappiot alkavat kasvaa jyvien irtoamisen johdosta.

Aikaisin korjattaessa suurin sato sulavaa orgaanista ainetta saadaan niittämällä lyhyeen sänkeen. Tällöin sängin pituuden vaikutus kasvuston sulavuuteen on vähäinen. Kuitenkin on varottava mullan joutumista korjattavan kasvuston joukkoon. Myöhäisessä vaiheessa korjattaessa pidempään sänkeen niittäminen parantaa korjattavan kasvuston sulavuutta ilman että sulavan orgaanisen aineen määrä oleellisesti vähenee. Rehun käyttötarkoitus vaikuttaa tavoitteena olevaan sulavuuteen: korkeatuottoisille lypsylehmille ja intensiivisesti kasvatettavalle lihakarjalle tarvitaan sulavampaa rehua kuin vähätuottoisille tai ummessaoleville sekä emolehmille.

Mekaanisella käsittelyllä ennen säilöntää ei ollut toivottua vaikutusta säilönnälliseen laatuun. Kokeissa käytetty mankelointi saattoi olla myös liian lievä käsittely. Toisaalta voimakkaampi käsittely saattaa lisätä korjuutappioita.

Suosittelavalle muurahaishappomäärälle ei saatu selvää vastausta. Pienin määrä, 2 l puhdasta happoa tonnille (vastaa 2.5 l säilöntäliuosta) tuotti parhaan säilönnällisen laadun, mutta suurimmat määrät (aina 6 l puhdasta happoa vastaten 7.5 l säilöntäliuosta) vähensivät ammoniakitypen muodostusta ja valkuaisen hajoamista. Kokoviljassa raakavalkuaisen pitoisuus on kuitenkin pieni, joten sen hajoavuudella ei ole suurta merkitystä, edellyttäen ettei se vaikuta rehun syöntiä heikentävästi.

Urealla säilöittäessä muodostui runsaasti voihippaa, kun raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus oli 35 %. Tällöin rehu soveltuu vain lihakarjalle. Säilöittäessä kokoviljakasvustoa lypsykarjalle kasvuston kuiva-ainesuositus on edelleen yli 45 % käytettäessä ureaa säilöntäaineena.

Maitohappobakteeriympäristö toimi hyvin säilöntäaineena raaka-aineen kuiva-aineen ollessa 35 %, ja säilönnöllinen laatu oli selvästi parempi kuin muurahaishapolla säilötyin rehun. Tässä esitetyt tulokset perustuvat laboratoriomittakaavassa suoritettuihin säilöntäkokeisiin. Käytännön mittakaavassa isoissa siiloissa muurahaishappo on kuitenkin osoittautunut hyväksi säilöntäaineeksi myös kokoviljan säilönnässä.

## **3 Kokoviljan korjuuteknologia ja korjuutappiot**

*Antti Suokannas*

Kokoviljan korjuuteknologiaa on tutkittu maailmalla hyvin vähän. Tutkimus on keskittynyt lähinnä kokoviljan säilöntään, jossa on selvitetty erilaisten käsittelyjen vaikutusta rehuun. Kanadalainen tutkimuslaitos PAMI (Prairie Agricultural Machinery Institute in Alberta) on vertaillut eri viljan korjuu- ja käsittelyteknologiaan liittyviä vaihtoehtoja (PAMI 1998). Tanskassa kokoviljan korjuuteknologiaa on tutkittu 1980-luvulla ja 1990-luvun alussa (Madsen 2000).

Suomessa kokoviljaa ja kokoviljasäilörehua on tutkittu Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Jokioisissa ja sen eri tutkimusasemilla. Helsingin yliopiston maa- ja metsätieteellisessä tiedekunnassa on myös tehty kokoviljasäilörehuun liittyvää tutkimusta. Neuvontajärjestö on julkaissut kokoviljasäilörehusta oppaan v. 1996 ja 2003.

### **3.1 Tavoite**

Tavoitteena on kehittää ja soveltaa nurmirehun korjuutekniikkaa viljan tuotannossa märehitjoiden rehuksi. Keskeisiä tutkimusalueita tässä hankeosiossa ovat korjuuteknologia ja korjuutappiot.

### **3.2 Menetelmät**

#### **3.2.1 Kesän 1999 kokeet**

##### **Koneketjut**

Kesän 1999 kokeissa kokoviljaa korjattiin kahta menetelmää käyttäen. Kaksoissilppurimenetelmässä korjuukoneena oli suoraan kasvustoa niittäen korjaava YLÖ HS-170 -lieriöniittosilppuri. Toisena korjuumenetelmänä oli pyöröpaali-kiedontamenetelmä: korjuuketjussa oli Kuhn FC-352 G-niittomurskain, Welger RP 220 Profi -pyöröpaalain varustettuna verkkosidontalaitteella ja NHK 1500 -kiedontalaite.

Kokeissa korjattiin pääasiassa ohra- ja vehnäkavustoa, joiden osalta pyrittiin korjuu ajoittamaan niin, että havaittaisiin kasvuston kehitysasteen vaikutus korjuutappioihin. Lisäksi kokeissa oli mukana taikinatulementumisasteella oleva kaurakavusto ja kaura-virna-herne –seoskavusto.

Kokeet alkoivat 26.7. ohrakavuston korjuulla ja seuraavana päivänä kokeita jatkettiin vehnäkavustossa kaksoissilppuria käyttäen. Paalausmenetelmää

kokeiltiin 29.7. ohra- ja vehnäkasvustossa. Kasvustoja esikuivattiin noin neljä tuntia, jonka jälkeen ne paalattiin.

Kaura- ja kaura-herne-virna –seoskasvustot korjattiin 3.8. kaksoissilppurilla. Huonon sadon ja lohkojen pienen koon vuoksi kokeita ei tehty paalausmenetelmää käyttäen.

Korjuukokeet jatkuivat kaksoissilppurilla ohraa ja vehnää korjaten 9.8. Viimeinen koesarja alkoi 12.8. klo 10.30 ohra- ja vehnäkasvuston niitolla. Karhot paalattiin seuraavana iltapäivänä ja lopuksi paalit kiedottiin muovikalvoon.

Koeajot eri koneilla tehtiin rajatuilta suorakaiteen muotoisilta lohkoilta, joiden leveys vaihteli 30–50 m ja pituus 100–108 m. Koelohkon ympäriltä korjattiin riittävän isot kaistat kasvustoa pois, jotta tilaa kokeiden tekoon oli riittävästi.

### **Mittaukset kesän 1999 kokeissa**

Kokeissa otettiin kasvusto- ja kuiva-ainenäytteet. Sänkitappiot määritettiin 80 mm korkeaa neliömäistä teräskehikkoa käyttäen saksilla ylipitkä sänki niittäen. Asetusarvona silppurilla oli 8 cm:n sänki. Varisemistappiot imuroitiin yhden neliömetrin alalta 0.25 m<sup>2</sup>:n kehikkoa apuna käyttäen. Niittomurskauksen aiheuttama tappio määritettiin erikseen. Koeajoon kulunut aika mitattiin.

### **3.2.2 Koneiden säädöt ja ajonopeudet**

Kaksoissilppuri ja niittomurskain säädettiin siten, että sängin pituuden asetusarvona oli 8 cm. Kaksoissilppuria kuormitettiin kokeissa aivan ääri rajoille. Koelohkon 100 m pitkä sivu ajettiin kahteen kertaan samaa nopeutta käyttäen. Aluksi lähdettiin liikkeelle noin 6 km/h nopeudesta ja sen jälkeen nopeutta nostettiin aina yhdellä vaihteella tai lisävaihteella siten, että saavutettiin maksimi mahdollinen ajonopeus, noin 12 km/h. Urakoitsija korjasi ohra- ja vehnäkasvustot pyöröpaali-kiedontamenetelmää käyttäen, jolloin ajonopeus oli 6,5 - 7,5 km/h. Niittovaiheessa etsittiin optimia ajonopeuden ja voiman ulosoton pyörimisnopeuden (voa) suhteen, jotta niittotappiot pystyttäisiin pitämään pieninä. Ajonopeudella 9,5 km/h ja voa:n pyörimisnopeudella 540– 600 r/min niittojälki oli huono. Voa:n pyörimisnopeudella 750 r/min niittojälki oli hyvä. Kasvuston massavirran koneen läpi on oltava runsas, jotta murskaus ei aiheuttaisi tarpeettoman suuria tappioita.

### 3.2.3 Kesän 2000 kokeet

Kesän 2000 kokeissa Vihdissä keskityttiin urakoitsijatyypin pyöröpaaliekidontamenetelmään. Korjuuketjussa oli työleveydeltään 400 cm:n Kuhn Alterna -niittomurskain, Welger RP 220 Profi -pyöröpaalain varustettuna verkkosidontalaitteella ja NHK 1500 -kiedontalaite. Kokeissa mitattiin korjuumenetelmän vaikutusta tappioihin ja rehun laatuun kahtena eri korjuuajankohtana elokuun 1. ja 10. päivänä ohralohkoa korjattaessa.

Tappiot määritettiin samaa menetelmää käyttäen kuin edellisenä vuotena. Elokuussa 1.8. ja 10.8. paalatuista sekä kahdeksaan muovikerrokseen kiedotuista paaleista otettiin rehunäytteet helmikuussa 2001 kuuden kuukauden varastoinnin jälkeen. Rehunäytteistä analysoitiin säilönnällinen laatu ja kemiallinen koostumus Viikissä kotieläintieteen laitoksella.

Juha Kallion tilalla Nivalassa mitattiin ja seurattiin elokuussa 2000 Työteho-seuran tutkijoiden kanssa kokoviljan korjuuta kaurakasvustosta. Tilalla käytetty korjuuketju on hyvin ajateltavissa urakointikäyttöön sopivaksi. Koneketjussa oli suoraniittopäällä varustettu JF FCT 1350 -tarkkuussilppuri, jonka niittopäänä oli hydraulisesti ohjattava lautasniittolaite, työleveydeltään 320 cm:ä. Korjuuketjussa oli kaksi perävaunua, joiden tilavuudet ovat 30,5 m<sup>3</sup> ja 40,3 m<sup>3</sup>. Korjattu rehu varastoitiin peltolohkon reunaan tehtyyn aumaan, jossa kokoviljarehu tasattiin ja tiivistettiin traktori-etukuormain -yhdistelmää käyttäen.

### 3.2.4 Kesän 2001 kokeet

Urakoitsijan kanttipaalausketjun käyttöä kokoviljan korjuussa mitattiin ja seurattiin yhdessä Työteho-seuran tutkijoiden kanssa Köyliössä elokuussa 2001. Koneketjussa oli 3 m:n niittomurskain, Claas Linear 780 -karhotin, Claas Quadrant 2200 Roto cut -kanttipaalain ja Kvernelandin Taarup 7655 -kiedontalaite. Karhottimella yhdistettiin kolme niittomurskaimen karhetta yhdeksi isoksi karhoksi. Kiedontalaitteessa käytettiin 750 mm leveää muovia, jota kiedottiin kuusi kerrosta paaliin. Paalin mitat ovat: leveys 120 cm, korkeus 70 cm ja pituus 180 cm. Paalit painoivat 620 – 650 kg, kun kuiva-ainetta oli 35 %.

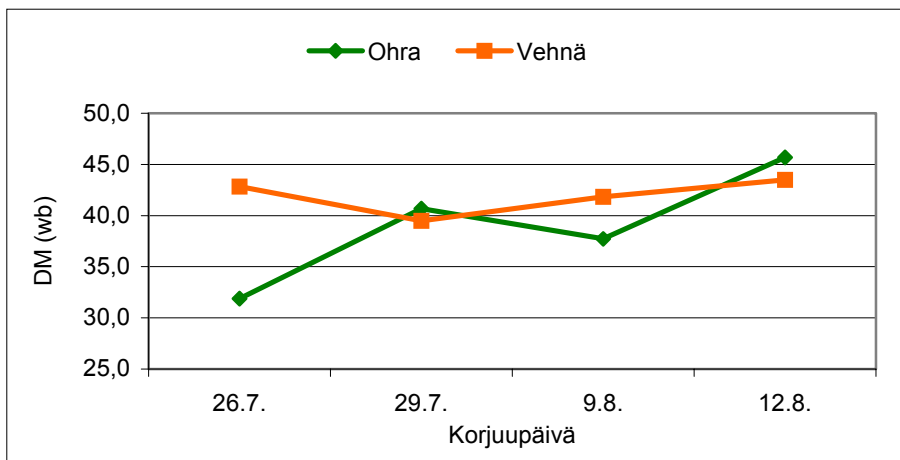
Elokuussa 2001 seurattiin ja mitattiin yhdessä Työteho-seuran tutkijoiden kanssa kokoviljan korjuuta myös noukinvaunumenetelmällä. Kasvusto niitettiin Kverneland Taarup 328T -etuniittolaitteella ja Kverneland Taarup 4032C -takaniittolaitteella. Korjuukoneena oli Pöttinger Jumbo 6000 -noukinvaunu. Rehut korjasi urakoitsija lukuun ottamatta rehun tasaus- ja tiivistystyövaiheita, jotka isäntä teki itse. Luomulohkolta korjattu sekakasvusto sisälsi ohraa, virmaa, ruokonataa ja apilaa.

## 3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 3.3.1 Kesän 1999 kokeet

#### Kuiva-aine ja sato

Kuvassa 16 on ohra- ja vehnäkasvuston kuiva-aineen kehitys korjuupäivinä. Heinäkuun 29. päivän kokeessa niittomurskattu ohra kuivui karholla ennen paalausta lämpimässä ja kuivassa sääoloissa kolme tuntia. Esikuivaus nosti kuiva-ainepitoisuutta 2–3 %-yksikköä. Vehnäkasvuston kuiva-ainepitoisuus vaihteli lohko-kohtaisesti. Heinäkuun 26. ja 29. päivinä korjatuissa lohkoissa kasvusto oli harvaa ja lyhyttä, mutta elokuun puolella korjuukokeet tehtiin samalta lohkolta. Vehnäkasvusto oli kohtalaisen hyvä huomioon ottaen kesän 1999 kuivat kasvuolot. Kauran kuiva-ainepitoisuus korjattaessa oli 33 % ja kaura-herne-virna –seoksen 31,5 %.



Kuva 16. Korjattujen ohra- ja vehnäkasvustojen kuiva-ainepitoisuuden kehitys kokeiden aikana.

Ohrakasvusto oli taikinatuleentumisasteella kokeiden alkaessa 26.7. ja vehnä hiukan pidemmälle edennyt. Elokuun 9. ja 12. päivinä ohra ja vehnä olivat varhaisella keltatuleentumisasteella. Kaura oli korjattaessa 3.8. taikinatuleentumisasteella. Seoskasvuston kaura oli vastaavalla kehitystasolla. Koelohkojen sadot ovat taulukossa 5. Ensimmäisissä kokeissa erityisesti vehnäkasvuston laatu oli huono, sillä se oli kärsinyt kesän kuivuudesta. Ohrakasvustot olivat kohtalaisia, vaikkakin harvoja ja korreltaan lyhyehköjä. Kaurakasvusto oli erittäin lyhyt ja sadoltaan alhainen. Kaura-herne-virna –kasvusto näytti huonolta, mutta oli ainakin satomäärältään kohtalainen. Viimeisissä kokeissa korjatut pidemmälle tuleentuneet ohra- ja vehnäkasvustot olivat hyviä.

Taulukko 5. Kasvustojen sadot eri koelohkoilla v. 1998.

| Biomassa          | Pvm.  | Korjattu sato |       |
|-------------------|-------|---------------|-------|
|                   |       | kg ka/ha      | kg/ha |
| Ohra              | 26.7. | 4855          | 15300 |
|                   | 29.7. | 4462          | 10970 |
|                   | 9.8.  | 6380          | 16900 |
|                   | 12.8. | 4350          | 9520  |
| Vehnä             | 27.7. | 1930          | 4510  |
|                   | 29.7. | 1140          | 2880  |
|                   | 9.8.  | 6390          | 15270 |
|                   | 12.8. | 4660          | 10714 |
| Kaura             | 3.8.  | 1940          | 5890  |
| Kaura-herne-virna | 3.8.  | 1780          | 6190  |

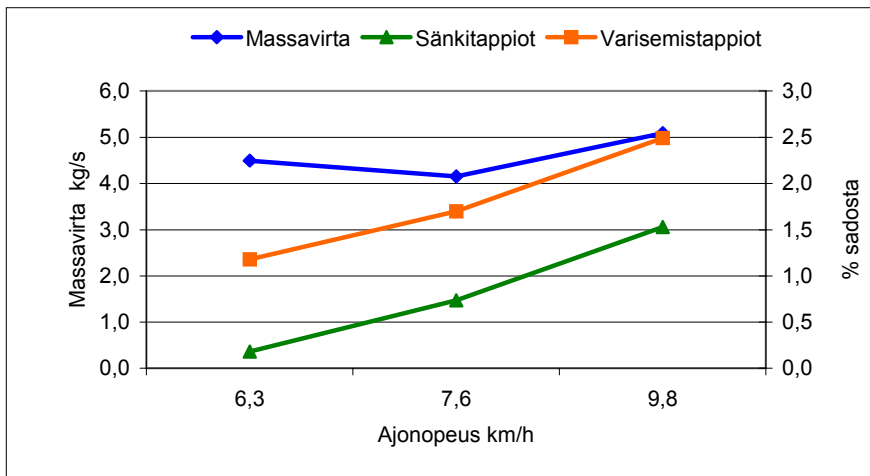
## Massavirta ja kapasiteetti

### *Lieriöniittosilppurimenetelmä*

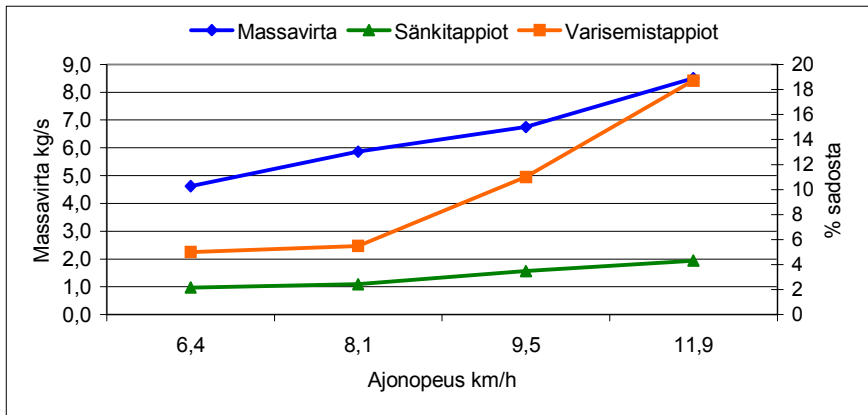
Massavirta kuvaa kokoviljan virtausta korjuukoneen läpi aikayksikössä [kg/s]. Massavirtaan vaikuttavat ajonopeus ja korjattava sato. Mikäli kasvusto niitetään esimerkiksi niittomurskaimella, varsinaisen korjuukoneen ajonopeuden lisäksi vaikuttaa niittomurskaimen työleveys ja karhon koko. Kuvassa 17 näkyy ohrakasvuston massavirta lieriöniittosilppurissa. Massavirta ei ole kasvanut tasaisesti, koska sato on ollut heikompi lohkon kohdassa, jossa on ajettu 7,6 km/h nopeudella. Ajonopeuden kasvaessa sänki- ja varisemistappiot lisääntyvät lähes lineaarisesti ajonopeuden muuttuessa 6,3 km/h:sta 9,8 km/h:iin. Korjuutappiot (sänki + variseminen) olivat kuitenkin alhaisia taikinatuleentuneessa ohrakasvustossa.

Vehnää korjattiin neljää eri ajonopeutta käyttäen. Kuvasta 18 näkyy, että kasvusto on koelohkolla ollut melko tasainen, sillä massavirta on kasvanut tasaisesti ajonopeuden lisääntyessä. Sänkitappiot ovat muuttuneet varsin vähän ajonopeuden kasvaessa verrattuna varisemistappioiden muutokseen. Varisemistappiot nousivat jyrkästi, kun ajonopeutta lisättiin 8,1 km/h:sta.





Kuva 17. Ohra- ja vehnäkiviljan massavirta, sänki- ja varisemistappiot ajonopeuden funktiona. Tappiot % sadosta = tappiot/korjattu sato + tappiot.



Kuva 18. Vehnäkiviljan massavirta, sänki- ja varisemistappiot ajonopeuden funktiona.

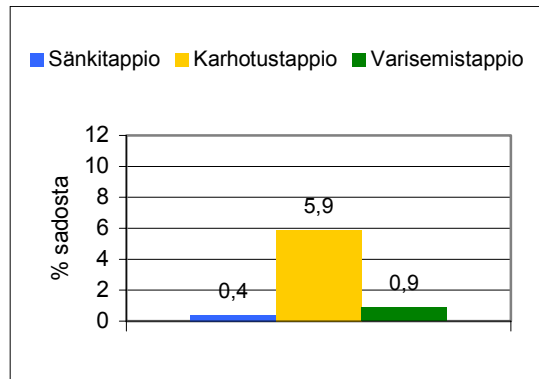
### Pyöröpaali-kiedontamenetelmä

Ajonopeus oli niittomurskaimella 9,5 km/h ja paalaimella 8,7 km/h. Niittomurskaimen niittojälki on erittäin tasainen, kuten kuvan 19 sänkitappiot osoittavat. Karhotustappio (kuva 19) sisältää niittomurskauksessa karhon kohdalle ja karhon sivuun eli koko niittomurskaimen työlevyvedelle varisseen rehumassan. Karhotustappioiden osuus pyöröpaali-kiedontamenetelmän kokonaistappioista on 82 % ohra- ja vehnäkiviljaa korjattaessa. Suurin osa karhotustappioista oli karhon kohdalle varisseita tähkiä, korrenpätkiä ja irtojyviä. Paalauksessa syntyneet varisemistappiot ovat yllättävän pienet. Korjuun kokonaistappiot olivat 7,2 % sadosta. Samana päivänä ohra- ja vehnäkiviljan lisäksi korjattiin vehnäkiviljaa. Vehnäkiviljan erittäin huonon sadon vuoksi

mitattiin ainoastaan paalauksen varisemistappiot, jotka olivat 27 % sadosta. Suuret tappiot olivat seurausta huonosta sadosta, jolloin vehnäkokoviljamassa pyöri paalikammiossa hyvin pitkän aikaa. Mitä pidempään se viipyy paalikammiossa, sitä suuremmat ovat tappiot.

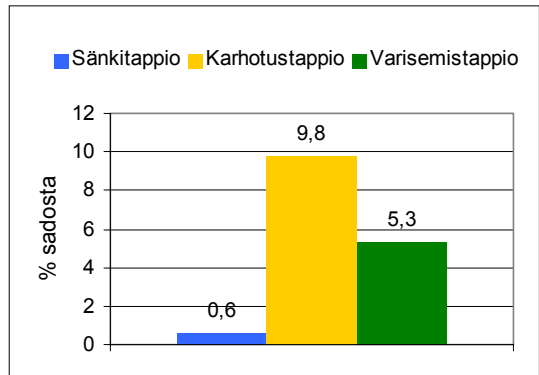
Kuva 19.

Ohrakokoviljan sänki-, karhotus- ja varisemistappiot 29.7. 1999. Sänki- ja karhotustappio = niitossa aiheutunut tappio, varisemistappio = paalauksessa aiheutunut tappio.



Kuva 20.

Vehnäkokoviljan sänki-, karhotus- ja varisemistappiot 13.8. 1999.



Keltatuleentunut (alkuvaihe) vehnäkasvusto niitettiin 12.8. ja paalattiin 13.8. vuorokauden esikuivauksen jälkeen. Paalit kiedottiin välittömästi paalauksen jälkeen muovikalvoon. Sänkitappiot (kuva 20) olivat alhaiset, kuten aiemminkin. Yhteensä korjuutappiot olivat 15,7 % sadosta ja niistä suurin osa syntyi niittomurskauksessa. Varisemistappioista osa syntyy pyöröpaalia siidottaessa. Jos paalaimessa on narusidonta, sidonnasta aiheutuvat tappiot voivat olla huomattavat. Onneksi verkkosidonnän käyttö yleistyy pyöröpaalauksessa, jolloin tappiot laskevat.

### Erikoiskoe

Lisäkokeiden tavoitteena oli selvittää sängin pituuden osalta ne rajat, joihin korjuukoneilla on mahdollisuus päästä. Lieriöniittosilppurilla maksimi sängin pituus on 20 cm. Mikäli halutaan jättää pidempi sänki, on niittokonetta modifioitava.

Erillisessä niitossa niittomurskaimella ajettiin 12.8. lyhyet pätkät ohra- sekä vehnäkasvustossa ja sängren pituus oli 30 cm. Ohralla sängren yläpuolisen fraktion pituus oli 25 cm ja vehnällä 28 cm. Ohrakokoviljassa niittotappio oli 10,2 % ja vehnäkokoviljassa 13,6 %. Suurehko osa tappioista eli noin 35–65 % oli tähkiä.

Niittomurskaimen niittopalkilla on oltava maakontakti, jotta niittojälki on tasainen. Muuten niittopalkki vain jousien varassa ollessaan tekee ajosuunnassa sinimuotoista käyrää, jolloin niittojälki on sen mukaista.

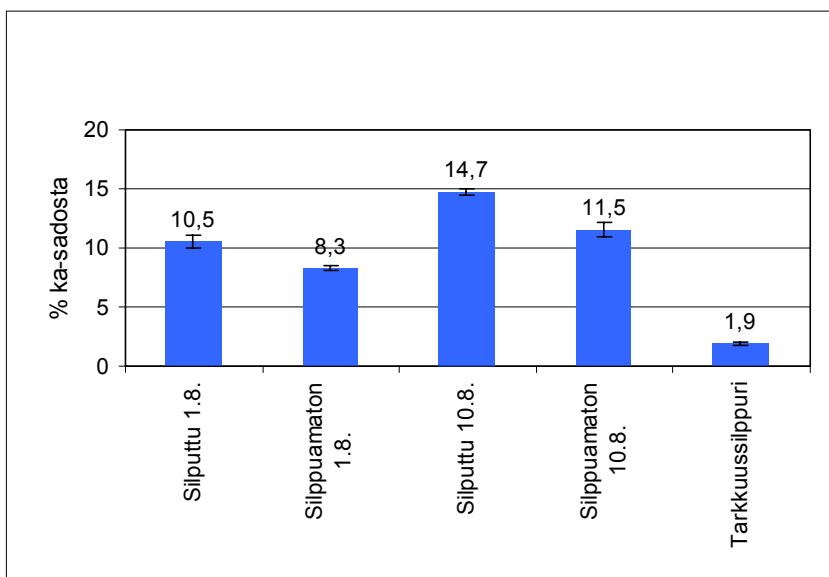
### **3.3.2 Kesän 2000 kokeet**

Suoraan kasvustosta niittävällä tarkkuussilppurilla varisemistappiot (kuva 21) olivat samaa luokkaa kuin leikkuupuimurien puintitappioiden suurin raja-arvo kapasiteettitesteissä eli 2 %. Suoraan kasvustosta niittävää tarkkuussilppuria käytettäessä korjuutappiot olivat alle 2 % kuiva-ainesadosta, joten se osoittaa selvän edun verrattuna menetelmiin, joissa niittovaihe on erillinen. Kuitenkin on muistettava, että viime vuosikymmenen aikana ja erityisesti viiden viime vuoden aikana juuri erillisen niittovaiheen sisältävät rehunkorjuumenetelmät ovat yleistyneet voimakkaasti. Erillinen niittopää on suositeltava varuste tarkkuussilppuriin, jos perinteisen nurmirehun lisäksi korjataan kokoviljasäilörehua. Erillinen niittopää on n. 10 000 €:n lisäinvestointi tarkkuussilppuriin, joten sen taloudellisesti kannattava käyttö edellyttää isoja korjuupinta-aloja.

Pyöröpaalainketjun varisemistappiot olivat hiukan pienemmät, kun vastaterät eivät olleet käytössä (kuva 21). Ruotsalaisten (Sundberg & Olsson 1998) tekemissä kokeissa tulos on ollut saman suuntainen, vaikka varisemistappioiden ero heidän kokeissaan silputun ja silppuamattoman välillä oli 6 %-yksikköä. Kokoviljan kuiva-aineen kasvaessa varisemistappiot lisääntyivät. Niittomurskaimessa sen murskausosa toimii tehokkaana puintikelana ja irrottaa jyviä tähkistä. Jyvätappioita niittomurskauksessa voidaan minimoida siten, että säädetään ajonopeus ja iskukelan pyörimisnopeus niin, että murskaimen varstojen iskuja rehumassaan aikayksikössä tulee mahdollisimman vähän. Joissakin murskaimissa on oma iskukelan pyörimisnopeuden säätö.

Vaikka nykytraktoreissa on runsaasti vaihteita, välttämättä aina ei löydy optiminopeutta kyseiseen korjuutyön vaiheeseen. Tästä syystä kokoviljan korjuussa on tärkeää, että traktorin ajonopeus voidaan valita riippumatta voimanottoakselin pyörimisnopeudesta. Tällöin portaattomasta ajonopeuden säädestä (ns. CVT) on selvää hyötyä.

Tanskalaiset ovat sovittaneet tarkkuussilppuriin riipijäpöydän, joka mahdollistaa pelkän tähkien korjuun ilman leikkuupuimuria (Madsen 2000). Olki voidaan korjata erikseen haluttuun käyttötarkoitukseen.



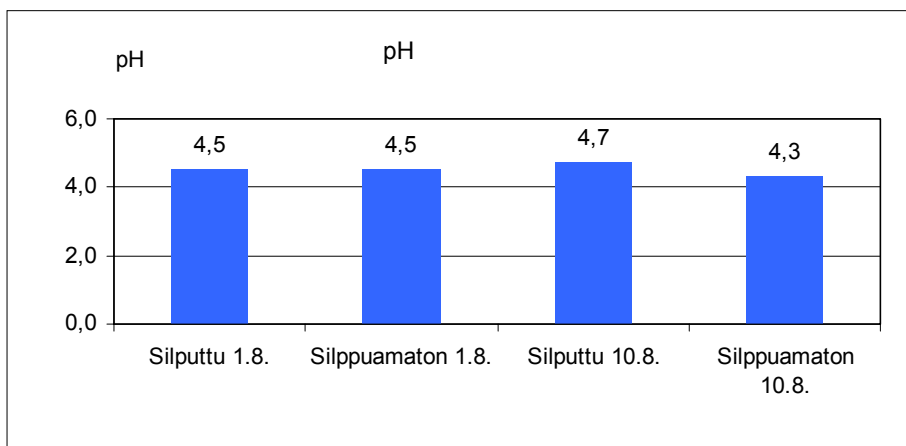
Kuva 21. Varisemistappiot MTT Vakolan kokeessa, kun ohrakasvustoa korjattiin pyöröpaalainmenetelmällä (silppuamaton=vastateriä ei käytetty). Tarkkuussilppurin aiheuttamat varisemistappiot kauraa korjattaessa.

## Rehun laatu

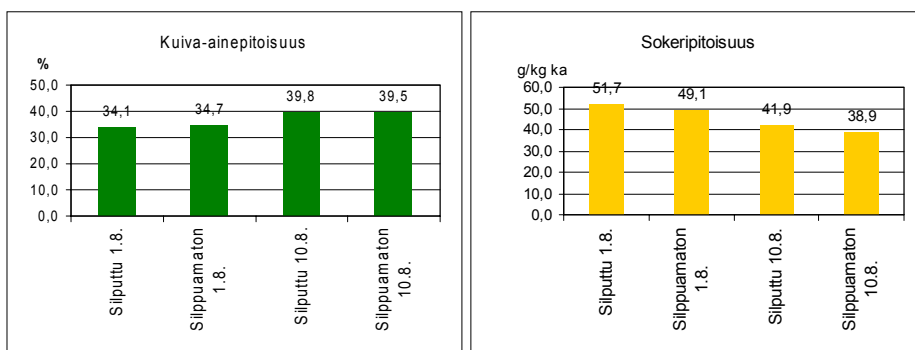
Käsittelyiden vaikutus säilöntätuloksiin määritettiin mittaamalla keskeiset rehun laatukriteerit. Taikinatuuleentuneen kokoviljan kemiallinen laatu erosi yhdeksän päivää myöhemmin korjatun kokoviljan laadusta tuhkan ( $p < 0.05$ ), raakavalkuaisen ( $p < 0.05$ ), raakarasvan ( $p < 0.05$ ), neutraalidetergenttikuidun ( $p < 0.05$ ), ADL:n ( $p < 0.05$ ) ja hemiselluloosan ( $p < 0.05$ ) osalta. Vastaterien käyttö ei ole vaikuttanut rehun kemialliseen laatuun.

Säilönnällinen laatu oli eri tavoin käsitellyissä rehuissa hyvä (kuvat 22, 23, 24 ja 25). Rehun käyminen väheni kuiva-ainepitoisuuden noustessa. Etanolia on selvästi enemmän aikaisemmin korjatussa kuin myöhään korjatussa kokoviljassa. Ammoniakkimäärät ovat pysyneet alhaisina. Käymislaadultaan taikinatuuleentunut hiukan myöhemmin korjattu rehu oli hieman paremmin säilyntä. Tilastollisesti merkitseviä eroja oli etanolin ( $p < 0.05$ ), liukoisen tyypin ( $p < 0.05$ ) ja ammoniakkin ( $p < 0.05$ ) määrissä. Mekaanisten käsittelyjen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

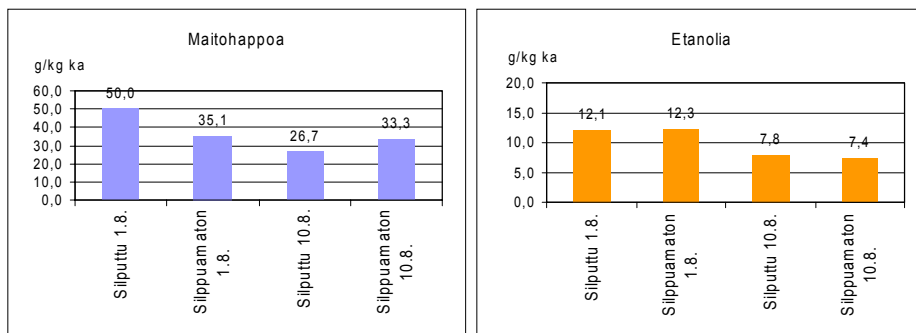
Suuri laaturiski mahdollisena maakontaminaationa liittyy erilliseen niittovaiheen ja noukkimella tapahtuvan korjuun yhdistelmään. Riski kasvaa entisestään, jos tarvitaan vielä erillistä karhotusta ennen korjuuvaihetta.



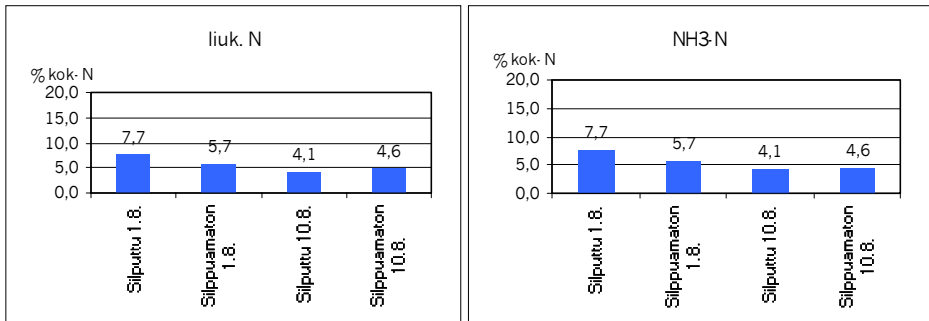
Kuva 22. Silputun ja silppuamattoman kokovilja pH taikinatusleentuneessa ja hieman myöhemmin korjatussa kasvustossa.



Kuva 23. Silputun ja silppuamattoman kokoviljan kuiva-ainepitoisuus ja sokeripitoisuus taikinatusleentuneessa ja hieman myöhemmin korjatussa kasvustossa.



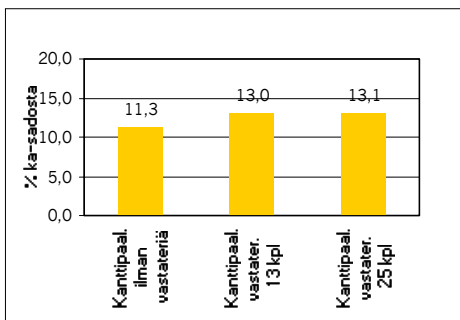
Kuva 24. Silputun ja silppuamattoman kokoviljan maitohappo- ja etanolipitoisuus taikinatusleentuneessa ja hieman myöhemmin korjatussa kasvustossa.



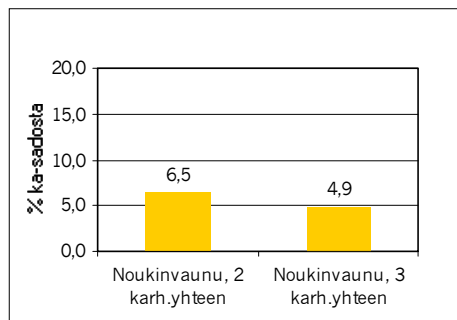
Kuva 25. Silputun ja silppuamattoman kokoviljan liukoinen typpi- ja ammoniakkipitoisuus taikinatuuleentuneessa ja hieman myöhemmin korjatussa kasvustossa.

### 3.3.3 Kesän 2001 kokeet

Kanttipaalausmenetelmässä korjuutappioista suurin osa syntyi niittovaiheessa, mutta jonkin verran jyvien varisemistappioita aiheutui myös karhotuksessa. Kanttipaalausketjun varisemistappiot olivat samaa luokkaa kuin pyöröpaaliketjun, vaikka karhotus oli lisäyövaiheena kanttipaalausmenetelmässä. Noukinvaunun menetelmän pienet varisemistappiot selittyvät osaltaan sillä, että ohran osuus oli alle 30 % sadosta, joten varisemista ei voinut tapahtua samassa mittakaavassa kuin lajikoostumukseltaan puhtailla viljakasvustoilla.



Kuva 26. Varisemistappiot kanttipaalausmenetelmällä ohraa korjattaessa. Kolme karhoa on yhdistetty karhottimella ennen paalausta.



Kuva 27. Varisemistappiot noukinvaunun menetelmällä ohra-virna-ruokkonata-apila -kasvuston korjuussa.

## 4 Kokoviljasäilörehunkorjuun työtalous

*Seppo Pentti*

Kokoviljan korjuumenetelmän valintaa puoltavat useat seikat. Viljakasvuston käsittely korjuussa on sekä teknologinen- että hyödynnettävyys kysymys. Suomen olosuhteissa etenkin viljankorjuu kokoviljana on jo vuosikymmeniä käytetty menetelmä etenkin karjataloilla.

Viljakasvuston korjaaminen kokoviljamenetelmillä on vaihtoehtoinen tapa perinteiseen viljan puintiin ja kuivaukseen verrattuna. Jos viljakasvusto on tarkoitus syöttää eläimille, on usein taloudellisempaa korjata ja varastoida se kosteana. Puinnin jälkeen viljan jyvät lähes poikkeuksetta kuivataan. Jos vilja kuitenkin halutaan puida, niin yksi vaihtoehto on murskesäilöä märät jyvät. Tätä menetelmää käytetään usein sikataloilla (Palva 2002).

### 4.1 Kokovilja suojaviljana

Jos kokoviljaa halutaan korjata vuosittain, maan muokkaaminen ja kevättyöt tehdään kuten viljan kylvössä. Yleensä kokoviljaa kuitenkin korjataan kotieläintiloilla, kun on perustettu monivuotista nurmea suojaviljaan. Tällöin kokoviljana kylvettävä ja korjattava suojavilja kiertää lohkot läpi nurmikieron mukaan (Maaseutukeskusten Liitto 1996 ja Turunen 2000).

Kotieläintiloilla, joilla viljellään nurmea, huomiota kiinnitetään erityisesti sen satoon. Vilja on useimmiten toissijainen kasvi. Useilla kotieläintiloilla nurmen uusimisen yhteydessä rikkakasvit ruiskutetaan ja myös lanta levitetään pellolle. Nurmi kylvetään lähes poikkeuksetta suojaviljan kanssa. Suojavilja korjataan syksyllä joko puimurilla tai kokoviljana nurmikorjuukoneilla, niin ettei nurmi vahingoitu.

Kokoviljasato korjataan hieman aiemmin kuin vastaava viljakasvusto puitaisiin ja tämä tuo pelivaraa korjuuajankohdan valintaan. Nurmen perustamiselle on eduksi, jos suojavilja korjataan ennen syyskuuta. Kun suojavilja korjataan puimurilla, häirtana myöhäisemmän korjuuajankohdan ja lakoriskin lisäksi on olkipahna, joka on kerättävä erikseen paalaamalla. Vaarana on, ettei kaikkea olkea saada kerätyksi ja olkimassa jää osittain tukehduttamaan nurmea. Korjuussa huomionarvoista on myös se, että sopiva sängen korkeus on helpompi asettaa tarkasti nurmekorjuukoneilla. Tällöin perustamisen jälkeen ensimmäiseen nurmena korjattavaan satoon tulee mahdollisimman vähän oljen pätkiä edellisvuoden suojaviljasta.

Taulukko 6. Nurmi- ja kokoviljarehujen sekä viljankorjuun ajoittuminen.

|               | kesäkuu |    |    |    | heinäkuu |    |    |    |    |    | elokuu |    |    |    | syyskuu |    |    |    |
|---------------|---------|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|---------|----|----|----|
| viikko        | 22      | 23 | 24 | 25 | 26       | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32     | 33 | 34 | 35 | 36      | 37 | 38 | 39 |
| 1. nurmisato  |         |    |    |    |          |    |    |    |    |    |        |    |    |    |         |    |    |    |
| 2. nurmisato  |         |    |    |    |          |    |    |    |    |    |        |    |    |    |         |    |    |    |
| 3. nurmisato  |         |    |    |    |          |    |    |    |    |    |        |    |    |    |         |    |    |    |
| kuivaheinä    |         |    |    |    |          |    |    |    |    |    |        |    |    |    |         |    |    |    |
| kokoviljasato |         |    |    |    |          |    |    |    |    |    |        |    |    |    |         |    |    |    |
| puinti        |         |    |    |    |          |    |    |    |    |    |        |    |    |    |         |    |    |    |

Kokoviljan korjuu voidaan ajoittaa Etelä-Suomessa toisen säilörehunurmi-  
korjuun jälkeen (taulukko 6). Korjuu ajoittuu hieman varhaisemmaksi kuin  
korjuu puimurilla. Taulukon aikataulussa on mukana leipäviljan korjuu, joka  
ajoittuu rehuviljaa aikaisemmaksi (Laine 1995).

Viljan korjuu kokoviljana on pääasiassa karjatilojen vaihtoehto. Sitä voidaan  
käyttää myös viljatilalla, jos käytävissä on nurmikorjuukalustoa. Viljati-  
loilla viljellään esimerkiksi nurmikasveja siementuotantoon, joiden päältä  
pitää poistaa suojaviljakasvusto. Jollei tilalla ole omia eläimiä, jotka rehun  
syövät, pitää sadolla hakea markkinat jostain muualta. Kokoviljasadon myyn-  
ti viljatilalta karjatilalle on yksi vaihtoehto sadon hyödyntämiseen.

Pohjois-Amerikassa kokoviljankorjuu- termiä (whole-crop harvesting) käyte-  
tään useimmiten hieman toisessa merkityksessä kuin Suomessa. Pohjois-  
Amerikassa kypsynyt viljakasvusto karhotetaan yleensä kuivumaan 7-8 met-  
riä leveällä karhottimella (swather). Vilja kerätään karholta paaliin tai irtota-  
varaksi, kuljetetaan ja puidaan vasta suurissa kiinteissä puimakoneissa. Puinti  
voidaan tehdä myös pellon laidalla, jolloin puintikalusto liikkuu kuorma-auto  
kalustolla. Viljaa ei Pohjois-Amerikassa yleensä kuivata vaan se säilyy sellai-  
senaan. Windrow/combine (leikkuu-karhotin – puimuri noukinpöydällä) on  
vallitseva menetelmä Pohjois-Amerikassa ja etenkin Kanadan länsiosissa.  
Kasvusto voidaan käyttää myös käyttää sellaisenaan esimerkiksi etanolin  
valmistamiseen (PAMI 1998). Liitteenä 1 on kaaviokuva Pohjois-Amerikan  
kokoviljankorjuuketjusta.

Eurooppalainen menetelmä korjata kokoviljaa on korjata viljakasvuston oljet,  
lehdet ja tähkät kerralla, kuten nurmikorjuussa. Tämä asettaa korjuutekniikal-  
le tiettyjä vaatimuksia. Toisin kuin yleensä korjattaessa sato puimurilla, sa-  
don eri osia ei erotella eikä niitä kuivata, vaan koko sato varastoidaan sellai-  
senaan tuoreena, kuten säilörehu. Kokoviljankorjuu voidaan tehdä samoilla  
koneilla kuin nurmenkorjuu ja tekniikkakin on lähes sama. Kokoviljankorjuu  
ajoittuu yleensä nurmen sadonkorjuukertojen väliin elokuulle, jolloin jyvät  
ovat taikinatuleentuneita. Jos kasvusto ei korjuuhetkellä ole riittävän valmis-  
ta, sen ravintoarvo ja sulavuus eivät ole hyviä ja jos kasvusto valmistuu liian  
pitkälle, jyvät varisevat peltoon. Korjuuajankohdan määrittäminen ei kuiten-  
kaan ole yhtä tarkkaa kuin nurmen ensimmäisellä sadolla.



Kokoviljankorjuu ei lisää maatalan työmäärää, vaan ainoastaan siirtää työsesonkia aikaisemmaksi verrattuna siihen, jos rehuvilja puitaisiin. Korjuuker-  
taa kohti kokoviljan- ja tuorerehunkorjuun työmäärät eivät merkittävästi eroa toisistaan. Kokoviljassa korjuukertoja on aina vain yksi, mutta sen tuoresato hehtaaria kohti on normaalina korjuuvuonna korkeampi kuin tuorerehulla. Sato voi olla jopa yhtä suuri kuin nurmen kaksi tai kolme satoa yhteensä, joten se hidastaa korjuuta pinta-alayksikköä kohti. Kokonaistyömäärä ei kuitenkaan nouse tuorerehukorjuun tasolle, jos tuorerehua korjataan kaksi tai jopa kolme satoa.

Viljan puintiin verrattuna kokoviljakorjuussa säästetään jyvien kuivauksesta aiheutuva kustannus ja puimurin kustannukset kokonaisuudessaan. Hankitun nurmikorjuuketjun yksikkökustannukset laskevat kokoviljakorjuun myötä, koska ketjua voidaan käyttää vuodessa enemmän, hieman eri sesonkiaikaan. Konekustannuksella on merkittävä vaikutus rehun hintaan ja karjatilan taloudelliseen tulokseen.

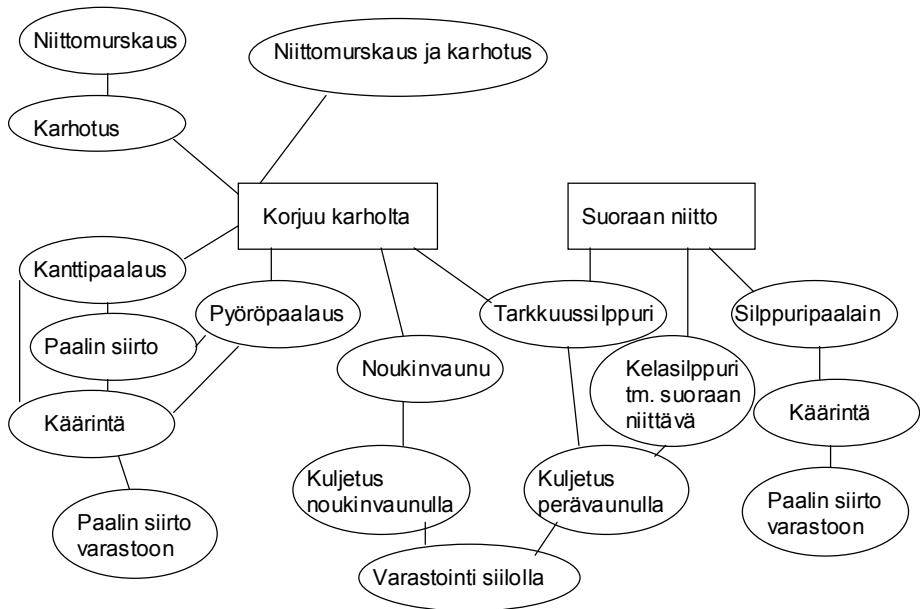
Kokoviljasadon myynti kasvinviljelytilalta karjatilalle on yksi vaihtoehto sadon hyödyntämiseen. Kokoviljankorjuuta voidaan käyttää esimerkiksi kasvinviljelytiloilla, jotka viljelevät nurmikasveja siementuotantoon. Kun siemennurmen päältä pitää poistaa suojaviljakasvusto, se voidaan tehdä nurmi-  
korjuukalustolla ja rehu syöttää eläimille.

## 4.2 Korjuuketjut

Kokoviljan korjuuketjuja voidaan jaotella kahdella tavalla. Yksi tapa on jaotella ketjut niihin, joissa sato niitetään suoraan ja toisaalta niihin, joissa sato niitetään ensin karholle. Toinen tapa jaottelulle on tarkastella sitä, miten satoa käsitellään toisin sanoen korjataan sato irtotavarana tai paalattuna. **Irtotavarana** kokovilja korjataan useimmiten kela- tai kaksoisilppurilla, joita tiloilla on nurmirehunkorjuussa edelleen paljon käytössä. Kela- tai kaksoisilppurilla kasvusto niitetään ja kuormataan suoraan perävaunuun. Korjuukonevaihtoehtona ovat myös tarkkuussilppurit, joissa on leikkaava pöytä. Ne voivat olla joko perinteisesti traktoriin kytkettäviä tai omalla moottorilla toimivia. Kun sato korjataan suoraan silppurilla perävaunuun, jyviä ei turhaan ravistella ja ne kulkevat olkimassavirran mukana kuormaan, jolloin satotappiot ovat suhteellisen pienet.

Tarkkuussilppureilla, joissa on noukin, kokovilja kerätään karholta, johon kasvusto on ensin niitetty niittomurskaimella tai niittokarhottimella. Kokovilja voidaan korjata karholta irtotavarana myös noukinvaunulla. Tällöin kasvusto niitetään karholle, noukitaan vaunun noukkimella ja kuljetetaan edelleen aumalle tai siilolle. Noukinvaunulla satoa korjattaessa satotappioriski on suurempi kuin paalaajan noukkimella, koska kasvustomassa nostetaan korkeammalle ja jyvien putoamismahdollisuus on suurempi. Korjuu karholta lisää myös kontaminaatoriskiä, jolloin satoon sekoittuu multaa. Irtosato siirretään

perävaunulla varastopaikalle pellon laitaan tai talouskeskukseen. Varastossa sato tiivistetään ja peitetään ilmatiiviisti kuten säilönurmismatokin.



Kuva 28. Kaavio kokoviljan korjuutyövaihevaihtoehdoista. Paalaimen yhteydessä on mahdollista paalin käärintä, ns. kombikoneella eli paalainkäärintälaitteyhdistelmällä.

Toinen päävaihtoehto korjuussa ovat **paalaimet**, jotka noukkivat karholta. Kokoviljaa on lähes poikkeuksetta paalattu pyöröpaalajaajalla, mutta myös kanttipaalaajaa on käytetty. Rehun säilymisen kannalta on hyvä, mitä hienommaksi rehu on silputtu, koska paalista tulee tällöin tiiviimpi. Paalin tiiviyys ja vähän tilaa vievä muoto ovat kanttipaalin etuja. Pyöröpaalajaajissa käytetään useimmiten verkko- tai muovisidontaa, mutta kanttipaalaajissa käytössä on edelleen narusidonta. Pyöröpaalin tiiviyteen vaikuttaa myös paalaimen tyyppi. Muuttuvakammioisella paalajaajalla saadaan pääsääntöisesti tiukempi paali.

Kokoviljapaalien jatkokäsittely toimii kuten nurmisäilörehupaaleissakin. Paalit pitää käärä mahdollisimman nopeasti paalaamisen jälkeen. Mielellään paalit käärätään varastopaikalla niin, ettei paaleja kiedonnan jälkeen tarvitse kertaakaan käsitellä. Aina tämä ei ole mahdollista, mutta useita käsittelykerroja on syytä joka tapauksessa välttää.

## 4.2.1 Korjuuketjujen tarkastelua laskelmin

Menetelmästä riippuen korjuu tehdään suoraan kasvustosta perävaunuun tai ensin kasvusto niitetään karholle ja noukitaan siitä erikseen. Karholle niitto lisää aina korjuutappioita ja riskiä, että korjattavaan satoon sekoittuu maa-ainesta (kuvat 19,20 ja 26). Maan sekoittuminen satoon vaarantaa sadon säilymisen. Korjuuketjuissa, joissa käytetään paalainta tai noukinvaunua, sato noukitaan karholta. Karholle jättäminen tuo korjuuseen esikuivattamisen etua, jos sitä tarvitaan. Usein kokoviljakasvusto on kuitenkin niin kuivaa, ettei sitä tarvitse esikuivata. Paras vaihtoehto on, kun sato voidaan korjata kerta-ajolla pellolta. Niitettyä tai niittomurskattua kokoviljasatoa ei pöyhitä, koska satotappiot kasvavat nopeasti, jyvien varistessa peltoon.

Laskelmassa esiintyvät työnmenekkilaskelmat perustuvat Työteho-seurassa ennen tätä hanketta (Peltonen & Vanhala 1992, Peltonen 1994 ja Laine 1995) ja mittauksiin hankkeen aikana tehtyihin. Nämä luvut eivät merkittävästi eroa vastaavista esimerkiksi Sveitsistä (Schick & Stark 2002). Niistä voidaan päätellä myös, että jo kahden hehtaarin lohkokoolla voidaan korjuussa saavuttaa jo lähes optimaalinen työtulos. Työnmenekki ei siis merkittävästi enää laske lohkon koon kasvaessa. Työnmenekkilaskelmia koneille on tehty sekä nurmen- että kokoviljankorjuussa. Työnmenekkeinä laskelmassa on käytetty peltotyöaikoja eli varsinaisen työn tekemiseen kulunutta aikaa. Koneiden työnormien lähtökohdaksi on pääsääntöisesti otettu nurmen korjuussa käytetty aika, jollei muuta tietoa ole ollut. Kasvusto kokoviljassa on oletuksen mukaan nurmikasvustoa vahvempi, koska kertakorjuulla korjataan suunnilleen sama sato kuin nurmelta kahdella korjuukerralla. Laskelmissa kokoviljasatona on käytetty 15000 kg/ha tuoresatoa. Se voi käytännössä kuitenkin olla jopa 35000 kg. Eri korjuuketjujen väliset hintasuhteet kuitenkin säilyvät, vaikka satotaso muuttuisi. Vahvassa kasvustossa esimerkiksi tarkkuussilppuri on kovilla ja se hidastaa työtä verrattuna nurmen korjuuseen.

Laskelman kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia. Korjatun sadon säilytykseen liittyy sekä kiinteitä kustannuksia, jotka ovat rakennuksiin liittyviä, että muuttuvia kustannuksia kuten muovit, verkot ja mahdolliset säilöntäaineet. Säilöntäaineita ei ole kuitenkaan laskettu kustannuksiin. Pyöröpaalien sidonta- ja käärintäkustannukseksi tarvikkeiden osalta on laskettu 5,3 € tonnia kohti. Tämä kustannus sisältää narun tai nykyisin useammin verkon ja muovin, jonka menekkinä on käytetty 50 cm leveällä rullalla 25 paalia/rulla.

Kokoviljasato voidaan varastoida irtotavarana aumaan, laakasiiloon tai torniin. Irtotavaran varastopaikaksi on laskelmassa oletettu laakasiilo. Sen vaikutus tonninkustannukseen on 2,7 €. Tämä kustannus sisältää rakentamiskustannuksen ja vuosittaisen muovikustannuksen. Laakasiilossa on käytetty maa- ja metsätalousministeriön laatimia rakennusten rakentamiskustannusperusteita ja 25 vuoden poistoaikaa. (MMM 2002).

Laskelman peruslähtökohta on karjatilän koneistus, jollaisia on jo käytössä tai hankittavissa normaalille karjatilalle. Tämä konekanta on käytettävissä sekä nurmirehun että kokoviljan korjuuseen, jolloin vältetään päällekkäisten koneketjujen hankinta. Laskelmassa yhtenä vaihtoehtona on ns. urakoitsijata-son koneistus, joka voi tarkoittaa yhteisesti hankittuja koneita tai urakoitsijan koneita. Erona laskelman tilatason koneisiin on se, että koneet ovat yksittäisen tilän koneita tehokkaampia ja siten myös kalliimpia. Koneiden omistussuhteisiin ei laskelmassa oteta kantaa, vaan ainoastaan siihen, että kyseisiin koneisiin kertyy vuosittain suurehko käyttömäärä. Samanlaisia koneita käytetään hyvin eri kokoisilla tiloilla.

Laskelman koneiden hinnat ovat Työtehoseuran konemyyjiltä keräämiä keskiarvohintoja. Muutamissa kohdissa laskelman pohjana on suoraan jonkun tietyn koneen markkinahinta, jos kone on katsottu yksilöksi tai muita vaihtoehtoja ei juuri ole. Lähtökohtana koneiden hintojen asettamisessa on käytetty julkaistua materiaalia (Laaksonen 1999, Koneviestin julkaisemat ryhmäesitelyt).

Laskelmassa yhden tilän mallissa työntekijän kustannuksena on 6,7 €, joka sisältää sosiaalikulut. Yhteiskoneissa ja urakoinnissa työntekijän tuntikustannuksena on 8,3 €. Työntekijän palkkakulu on otettu mukaan laskelmaan niin, että kustannuksia kertyy, jos kone odottaa toisen työn valmistumista. Odotusaika on riippuvainen hitaimman työvaiheen kestosta.

Työkoneita käytettäessä on kustannuslaskentaan liitetty vetokone. Laskelmassa on käytetty traktorin kustannuksia, jotka muodostuvat 600 käyttötunnin vuosittaisen käytöllä. Laskelmien lähtökohtana on käytetty traktoreiden eri kokoluokille laskettuja arvoja. Jos kyseessä on tilatason koneistus kokoluokkana on käytetty 71-80 kW tehoista traktoria, jonka kustannus oli 13 €/h ja urakoitsija/yhteistyö tasoissa kalustossa 81-100 kW traktorin, jonka kustannus oli 14,5 €/h.

### **4.3 Tilamallit ja käytettävissä oleva työmäärä**

Laskelmassa kustannuksia selvitettiin vaiheittain niin, että aluksi arvioitiin tietyn koneketjun sopivuus tietyille tilatyypille. Koska samaa kalustoa käytetään säilörehunurmen ja kokoviljan korjuuseen, muidenkin korjuusesonkien työtuntimäärät ovat mitoitettu nurmen ensimmäisen sadon korjuun keston mukaan (Laine 1995). Laskelmassa päädyttiin 10 päivän maksimiin, joka on ensimmäisen nurmisadon optimaalisesta korjuuajankohdasta riippuvainen. Tästä seuraa, että vähintään kahtena nurmikorjuusesonkina ja yhdellä kokoviljakorjuusesonkina on tilalla tietty tuntimäärä käytössä. Tuntimäärällä on suuri vaikutus etenkin silloin, jos koko ketjua hoidetaan yhden henkilön työpanoksella. Yhden henkilön hoitamaan korjuuseen on jokaisella korjuukerralla oletuksen mukaan käytettävissä 30-60 tuntia.

Kun työntekijöitä on kaksi, käytettävissä olevaa tuntimäärää lisääntyä kaksinkertaiseksi, niin että korjuukerralla työhön on käytettävissä 50-100 työtuntia. Kolmannessa vaihtoehdossa ei korjuu ole sidottu enää karjanhoitotöiden väliseen aikaan, vaan rehua voidaan korjuuaikana korjata yhtäjaksoisesti koko päivän. Tämä tarkoittaa käytännössä tilannetta, että rehunkorjuun tekee joku, jolla ei ole karjanhoitotöitä. Tällöin laskennan pohjana on käytetty 125-250 työtuntia. Ketjusta riippuen työntekijöitä on kaksi tai useampia, koska työvoiman saannin ei oleteta olevan tässä kohtaa ongelma. Kahden tai useamman henkilön ylläpitämässä ketjussa odotusajat vähentävät ihmistyön tuottavuutta.

Sadon kuljettamisella korjuuaikana on suuri merkitys työnmenekkiin. Kahden perävaunun kapasiteetti riittää tehokkaalle tarkkuussilppuriketjulle vain kilometrin kuljetusmatkalle (Schich & Stark 2002). Maatiloja vertailtaessa peltojen etäisyys ja kuljettava matka vaikuttaa korjuuketjun toimivuuteen huomattavasti. Käytännössä irtotavara voidaan varastoida pellon laitaan aumaan tai useimmiten sato kuljetetaan talouskeskukseen siiloon. Pyöröpaalatut ja muoviin käärityt paalit varastoidaan useimmiten pellon laidassa. Laskelmassa on oletuksena käytetty pellon laitaan ulottuvaa eli 200 metrin kuljetusmatkaa. Toisessa laskelmassa kuljetetaan irtotavara kahden kilometrin etäisyydelle, mutta paalit jätetään edelleen pellon laitaan. Tämä on melko yleinen korjuutapa. Jälkimmäisessä laskelmassa ei ole kuitenkaan otettu huomioon sisäruokintakauden lisätyönmenekkejä ts. paalien siirtoja, koska ne eivät vaikuta sadonkorjuuseen ja sen työtalouteen.

Eri menetelmiä verrattaessa pelkästään käytettävissä oleva työaika ei ole merkittävää vaan myös esimerkiksi se, että aumaan rehua tehtäessä korjuut pitäisi tehdä auma kerrallaan, jotta auma voitaisiin peittää ja painottaa mahdollisimman nopeasti. Tämä ongelma ei ole yhtä suuri paalaukseen perustuvilla ketjuilla, koska niissä paalit pakataan yksitellen.

### **4.3.1 Korjuu ja kuljetus**

Laskelmat on rakennettu niin, että korjuu tehdään kuten tuorerehun korjuu huomioiden kuitenkin työnmenekkieerot. Eri ajokerralla tehtävää karhotusta ei käytetä kokoviljankorjuussa eikä sitä ole laskelmaan sisällytetty paitsi kantti-paalaajaketjussa. Kuljetusten työnmenekin laskennassa on käytetty kuljetuksen standardiaikoja (Peltonen & Vanhala 1992).

Laskelmassa pyöröpaalaimeksi on valittu paalain, joka silppuaa korren. Paalaimessa on verkko- tai muovisidonta ja paalaajan pitää olla vankkarakenteinen ja muuttuvakammioinen, joka soveltuu hyvin myös säilörehun paalaamiseen. Jos käärintä tehdään eri koneella kuin paalaaminen, käärintä on laskettu tehtäväksi erillisenä työnä pellon laidalla, jonne paalit kuljetetaan. Näin teh-

dään myös tuubikäärinnässä. Ns. kombikoneilla (paalaaja ja käärijä samaa konetta) kääritty paali kuljetetaan vasta käärinnän jälkeen pellon laitaan.

Poistoaikoina laskelmassa tilakäytössä on 12 vuotta ja urakointikäytössä 10 vuotta. Kun työkoneen käyttötunnit nousevat yli 2000 tunnin, poistoaikaa on lyhennetty. Työkoneiden kiinteät kustannukset on laskettu niin, että niillä ei ole jäännösarvoa käyttöajan päättyessä.

Etukuormaaja varusteineen on 30 % kustannusosuudella mukana laskelmassa sekä irtotavaran käsittelyssä että paalien siirrossa. Irtokorjuussa kustannuslaskennan pohjana perävaunun kustannuksia on painotettu kokoviljan tai nurmen korjuuseen. Laskelmassa rehuvarusteisten perävaunujen kustannus on irtotavarankorjuussa 90% kokonaiskustannuksista (80 % korjuussa ja 10 % kuljetuksessa). Irtotavaran kuljettamiseen käytetään rehuvarusteisia yleisperävaunuja, joista kuorma puretaan kippaamalla. Noukinvaunussa on purkulaitteisto. Noukinvaunun koko kustannus on kohdistettu nurmen ja kokoviljan korjuuseen jaettuna niin, että 80 % on korjuussa ja 20 % kuljetuksessa.

Laskelman paalatun kokoviljan koneketjuissa, pyöröpaalien siirtoon käytettävät perävaunut ovat maatilan peruskalustoa, jota käytetään myös muissa maatilan töissä. Paalien kuljetukseen perävaunuilla ei ole erikoisvaatimuksia, joten laskelmaan on sisällytetty tavalliset perävaunut. Korjuuketjun kustannuksissa perävaunut ovat 10 % kustannusosuudella mukana. Paalien siirto ei ole korjuuketjussa kriittinen työvaihe.

Viljelijöillä on kertynyt hyviä kokemuksia myös kokoviljan kanttipaalauksesta. Kanttipaalaajaan ei ole mahdollista saada verkkosidontaa, mutta kanttipaalauksen etu on se, että rehu pakataan tiiviimpään kuin pyöröpaalissa.

### **Laskennan pohjaksi muodostetut koneketjut ja kustannukset (ALV 0 %) kun kuljetetaan vain pellon reunaan eli 200 metriä**

*Korjuuketjut rakennettiin käytännössä toteuttamiskelpoisista koneista ja lähtökohtana oli karjatilan normaali kalusto ja mahdollinen yhteisesti hankittu tai urakoitsijataidon kalusto. Muodostetut koneketjut ja työkoneiden hankintahinnat (ALV 0 %).*

#### **1. Noukinvaunuketju (tilataso)**



Hinattava niittomurskain, jonka työleveys on 3,4 m. Noukinta, silppuaminen ja kuljetus silppuavalla noukinvaunulla. Tasoitus etukuormaajalla ja tiivistäminen. Työnmenekki 71 min/ha (4,7 min/t) ja konekannan arvo 49.257 €.

## 2. Niittosilppuri ja perävaunut (tilataso)



Leikkuu, silppuaminen ja kuormaus hinattavalla kela/ hienosilppurilla, jonka työleveys on 1,7 m. Silppu siirretään aumaan kahdella perävaunulla, jotka ovat rehuvarustein. Tasoitus ja tiivistäminen traktorilla, jossa etukuormaaja. Työnmenekki 132-199 min/ha (8,8-13,3 min/t) ja konekannan arvo 26.734 €.

## 3. Tarkkuussilppuri niittopäällä (urakkataso)



Silppuaminen tarkkuussilppurilla, jossa lautasniittopää 3,2 m. Silppu siirretään aumaan kahdella perävaunulla, jotka ovat rehuvarustein. Tasoitus etukuormaajalla ja tiivistäminen. Työnmenekki 103 min/ha (6,87 min/t) ja konekannan arvo 50.966 €.

## 4. Pyöröpaalainketju (urakkataso)



Hinattava niittomurskain, jonka työleveys on 3,4 m. Silppuava pyöröpaalain, jossa on verkkosidonta. Käärin on erillinen hinattava. Paalien siirto ja kuljetus välivarastoon tehdään 8 tonnin perävaunulla ja etukuormaimella, jossa paalinostin. Työnmenekki 165 min/ha (11 min/t) ja konekannan arvo 46.262 €.

## 5. Pyöröpaalainkäärinyhdistelmä (urakkataso)



Hinattava niittomurskain, jonka työleveys on 3,4 m. Silppuava pyöröpaalain käärin yhdistelmä. Paalaajassa on verkkosidonta. Paalien siirto ja kuljetus välivarastoon tehdään 8 tonnin perävaunulla ja etukuormaimella, jossa paalinostin. Työnmenekki 125 min/ha (8,3 min/t) ja konekannan arvo 60.766 €.

## 6. Pyöröpaalain ja käärintä tuubikärijällä (urakkataso)



Hinattava niittomurskain, jonka työleveys on 3,4 m. Silppuava pyöröpaalain, jossa on verkkosidonta. Käärin on ns. tuubikäärin. Paalien siirto ja kuljetus tehdään etukuormaimella, jossa paalinostin. Työnmenekki 103 min/ha (6,87 min/t) ja konekannan arvo 65.299 €.

## 7. Kanttipaalain (urakkataso)



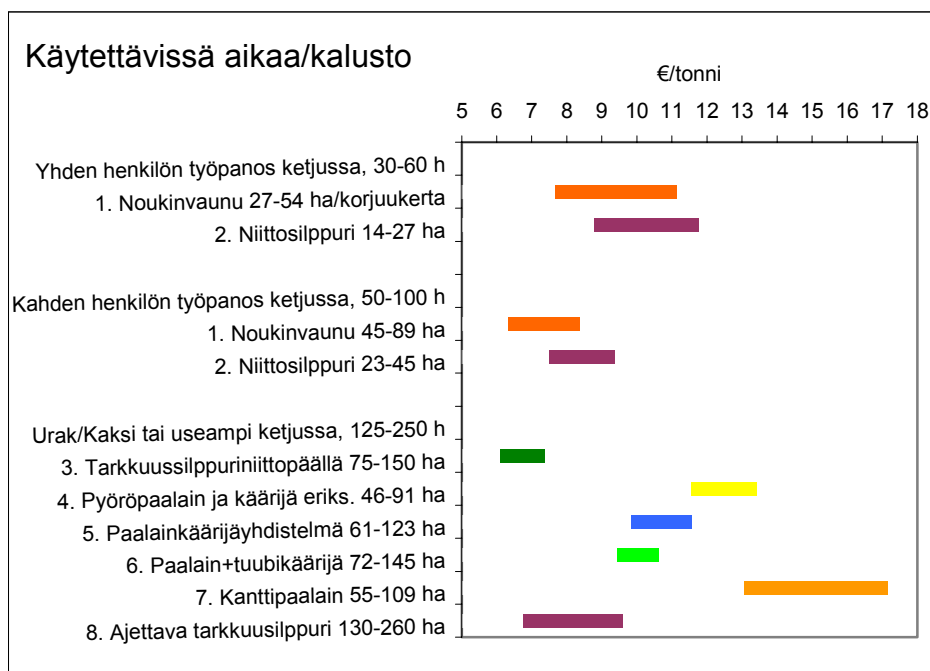
Hinattava niittomurskain, jonka työleveys on 3,4 m. Karhotus hinattavalla 7,8 m:n karhottimella. Silppuava kanttipaalain, jossa on narusidonta. Käärin on hinattava. Paalien siirto ja kuljetus välivarastoon tehdään 8 tonnin perävau- nulla ja traktorilla, jonka etukuormaimessa on paalinostin. Työnmenekki 134,1 min/ha (8,9 min/t) ja konekannan arvo 120.147 €.

## 8. Itsekulkeva tarkkuussilppuri (urakkataso)



Silppuaminen ajettavalla tarkkuussilppurilla, jonka työleveys on 4,2 m. Silppu siirretään aumaan kahdella perävau- nulla, jotka ovat rehuvarustein. Tasoitus etukuormaajalla ja tiivistäminen. Työnmenekki 81 min/ha (5,4 min/t) ja kone- kannan arvo 140.084 €.





Kuva 29. Korjuukustannukset ketjuittain, kun lähtökohtana on korjuuseen käytettävissä oleva aika €/tonni (alv 0 %). Ketjut numeroitu ketjujen kuvausten numeroinnin mukaan. Kustannuksiin huomioitu työ, koneet, laakasiilo ja tarvikkeet lukuunottamatta säilöntäaineita.

Esimerkiksi kaaviossa voidaan tarkastella yhden henkilön korjuuketjua (noukinvaunu ja niittosilppuri). Jos yhden henkilön työpanoksella työaika on käytettävissä korjuukerralla 30-60 tuntia, voidaan tällä noukinvaunuketjulla hoitaa 27-54 hehtaarin korjuualue korjuukertaa kohti. Tämän ketjun kustannus on suurimmalla käyttömäärällä noin 7,7 € rehutonna kohti ja pienemmän käyttömäärän mukaan rehutonin korjuu maksaa noin 11 €. Laskelman mukaan noukinvaunu on edullinen korjuuväline pienillä pinta-aloilla. Tämä johtuu lähinnä niittosilppuriketjun suuremmasta työmäärästä, koska niittosilppurin työleveys on pieni.

Vastaavasti voidaan tarkastella muiden ketjujen edellyttämää työmäärää ja korjuuaikaa. Kahden henkilön ketjussa niittosilppurin kohdalla laskelma osoittaa, että toisen työntekijän tulo ketjuun nopeuttaa itse työtä, mutta ei lisää merkittävästi ihmistyön tuottavuutta. Tämä johtuu siitä, että silppurilla sadonkorjuu kestää pitkään jolloin kuormia siirtävä ja tiivistävä toinen henkilö joutuu odottamaan. Tänä odotusaikana hän veisi kuormia jo muutaman kilometrin päähän ja ketjulla korjattaisiin edelleen yhtä monta hehtaaria. Noukinvaunuketjussa toisen työntekijän lisääminen parantaa työsaavutusta enemmän, koska työ voidaan jakaa niin, että toinen niittää kasvuston karholla ja toinen hoitaa korjuun karholta eteenpäin.

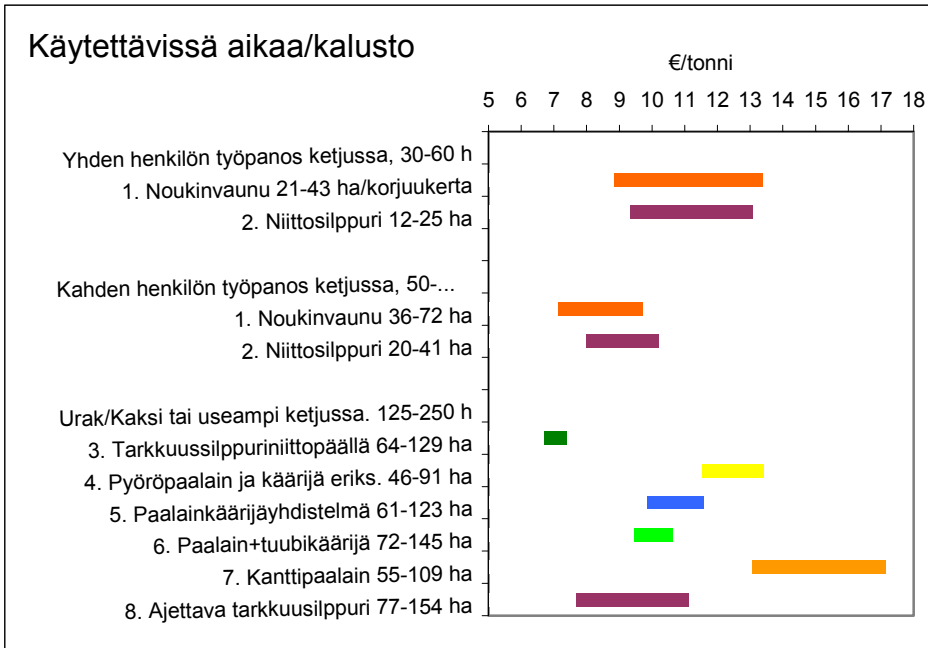
Vertailtaessa irtotavara- ja pyöröpaalainketjuja keskenään, niiden rehukustannuksen eron aiheuttaa paalin käärintään tarvittava muovi. Konekustannus on suunnilleen sama näillä ketjuilla. Käärintään tarvittavista muoveista aiheutuu 5,3 € kustannus rehutonna kohti. Tämän kustannuksen vaihtelut voidaan lähes suoraan laskea muovin markkinahinnan mukaan.

Jos käytössä on enemmän työvoimaa, voidaan korjuu tehdä pienemmän tilan korjuuketjulla tai hankkia tehokkaampi ketju, jolloin työsaavutus kasvaa. Pyöröpaalainketju on tässäkin ketjuvertailussa suunnilleen muovikustannuksen verran kalliimpi. Laskelman luvut eivät kerro absoluuttista kustannusta kokoviljankorjuuketjuista. Laskelma osoittaa kuitenkin pääpiirteissään, millaisilla korjuuketjuilla karjatilalla on mahdollista korjata edullista rehua. Tilakohtaisia päätöksiä korjuuketjujen valintaan pitää tehdä ottaen huomioon myös tilussuhteet, ruokintamenetelmä jne.

Eri menetelmiä ei aseteta laskelmassa paremmuusjärjestykseen, vaan ainoastaan tarkastellaan niillä aikaansaatuja työsaavutusta ja sitä miten eri menetelmien kustannukset kertyvät. Korjuuseen käytettävissä oleva aika ja sitä kautta korjattavat hehtaarit pitkälti vaikuttavat kustannusten suuruusluokkaan. Korjuu irtotavarana on edullista, vaikka korjattavaa alaa ja korjuuaikaa on vähän. Pyöröpaalajaketju tarjoaa tiettyjä etuja, mutta kyseisessä laskelmassa se on taloudellinen korjuumenetelmä vasta, kun korjattavaa pinta-alaa on paljon. Tämä tarkoittaa sitä, että ketjun hankkiminen on yleensä pienen tilan käyttöön ei ole taloudellisesti järkevää, jollei ole mahdollisuus urakoida.

Kanttipaalaus työmeneikki poikkeaa pyöröpaalauksesta siten, että kanttipaalaus paalaus ja käärintä tehdään samaan tahtiin. Kanttipaalain joutuu useimmiten odottamaan käärijää, mikä kasvattaa laskennallisia kustannuksia. Käärintä mahdollisimman nopeasti paalaamisen jälkeen olisi suositeltavaa aina paalirehua tehtäessä.

## Korjuu, kun korjuusaavutukseen huomioidaan tilussuhteiden vaikutus ja matka



Kuva 30. Korjuukustannukset ketjuittain, kun lähtökohtana on korjuuseen käytettävissä oleva aika €/tonni (alv 0 %). Ketjut numeroitu ketjujen kuvausten numeroinnin mukaan.

Kustannuksiin huomioitu työ, koneet, laakasiilo ja tarvikkeet lukuunottamatta säilöntäaineita. Oheisessa kaaviossa on laskettu kuljetuksen vaikutusta korjuukustannukseen. Tässä esimerkissä on tarkasteltu tiloilla tavallisesti käytettäviä vaihtoehtoja eli irtokorjuun sato kuljetetaan talouskeskukseen, kaksi kilometriä yhteen suuntaan (2+2 km). Paalit sen sijaan jätetään pellon laitaan, jolloin kuljetusmatkaksi on laskettu 200 m. Paaliketjuilla luvut ovat samat kuin edellisessä kuviossa. Irtokorjuun kustannukset sen sijaan kasvavat (vertaa kuva 29), koska hehtaareita ei saada korjattua yhtä paljon kuin varastoitaessa sato lähelle. Noukinvaunuketjun työsaavutus alenee matkan pidetessä yhden henkilön ketjussa (30-60 tuntia) korjuukerralla 21-43 hehtaariin 27-54 hehtaarista ja sen kustannusvaikutus on noin yhdestä kahteen euroon tonnia kohti.

Taulukko 7. Korjuuketjujen tehokkuus ja niillä korjattava ala vaikuttavat kustannuksiin. Siirtomatkan pidentymisen vaikutus on laskettu irtokorjuuketjuihin.

|   | Siirtomatkalla 200 m |     |               |      |                |        | Siirtomatkalla 4 km (2x2) |     |               |     |                |        |
|---|----------------------|-----|---------------|------|----------------|--------|---------------------------|-----|---------------|-----|----------------|--------|
|   | korjuukerralla ha    |     | Kustannus €/t |      | Kustannus €/ha |        | korjuukerralla ha         |     | Kustannus €/t |     | Kustannus €/ha |        |
| Yhden henkilön työpanos ketjussa            | max                  | min | max           | min  | max            | min    | max                       | min | max           | min | max            | min    |
| 1. Noukivaunu                               | 54                   | 27  | 11,1          | 7,7  | 167,1          | 115,36 | 43                        | 21  | 13,4          | 8,9 | 201            | 132,9  |
| 2. Niittosilppuri                           | 27                   | 14  | 11,8          | 8,8  | 176,55         | 131,85 | 25                        | 12  | 13,1          | 9,4 | 196,35         | 140,25 |
| Kahden henkilön työpanos ketjussa, 50-100 h |                      |     |               |      |                |        |                           |     |               |     |                |        |
| 1. Noukivaunu                               | 89                   | 45  | 8,4           | 6,3  | 125,7          | 94,95  | 72                        | 36  | 9,7           | 7,1 | 145,5          | 106,8  |
| 2. Niittosilppuri                           | 45                   | 23  | 9,4           | 7,5  | 140,4          | 112,35 | 41                        | 20  | 10,2          | 8,0 | 153,3          | 120,15 |
| Urak/Kaksi tai useampi ketjussa, 125-250 h  |                      |     |               |      |                |        |                           |     |               |     |                |        |
| 3. Tarkkuussilppuriniittopäällä             | 150                  | 75  | 7,4           | 6,1  | 110,4          | 91,35  | 129                       | 64  | 7,4           | 6,7 | 110,85         | 100,65 |
| 4. Pyöröpaalain ja käärijä erikseen         | 91                   | 46  | 13,4          | 11,5 | 201,15         | 173,1  |                           |     |               |     |                |        |
| 5. Paalainkäärijäyhdistelmä                 | 123                  | 61  | 11,6          | 9,9  | 173,55         | 147,75 |                           |     |               |     |                |        |
| 6. Paalain+tuubikäärijä                     | 145                  | 72  | 10,6          | 9,5  | 159,6          | 141,75 |                           |     |               |     |                |        |
| 7. Kantipaalain                             | 109                  | 55  | 17,2          | 13,1 | 257,25         | 196,05 |                           |     |               |     |                |        |
| 8. Alettava tarkkuussilppuri                | 185                  | 93  | 9,6           | 6,8  | 143,85         | 101,4  | 154                       | 77  | 11,1          | 7,7 | 166,65         | 115,2  |

## Menetelmät, joita ei tarkasteltu laskennallisesti

Laskelmassa esitettyjen koneketjujen lisäksi korjuuvaihtoehtoina on erityisesti maissin korjuuseen silppurimurskain, joka syöttää paalajaa. Valmistaja arvioi koneen tuotokseksi noin 30-35 paalia tunnissa (Top Agrar 2000). Tällainen saattaisi soveltua myös kokoviljan korjuuseen, jos käytettäisiin suurempaa korjuuleveyttä.

Korjuumenetelmiä, joita ei ole laskelmissa esitetty ovat vuonna 2000 markkinoille tullut pyöröpaalain, joka myös käärii paalin kammiossa. Kyseinen paalain tekee halkaisijaltaan 1,2 metristä paalia. Koneen sisään on rakennettu varret, jotka kietovat muovin paalin ympärille, sen jälkeen kun paali on saatu haluttuun kokoon. Koneen valmistajan mukaan maksimituotos on jopa 40 paalia tunnissa. (Farmers Weekly 2000).

### 4.3.2 Korjuukustannukset urakoinnissa tilastollisesti tarkasteltuna

Verrattaessa urakoitsijoiden käyttämää hintaa (2002) 13,20 koko ketjun työtä laskelmien paalainkäärijäyhdistelmän pienemmällä käyttömäärällä (61 ha), jolloin kustannus on noin 12 euroa tonni, eli noin 10 euroa paali. Laskelma on lähellä markkinahintaa, koska urakointihintoihin pitää laskea lisäksi vielä muovikustannus 5,3 €/t eli noin 3,8 €/paali.

Laskelman kustannuksiin pitäisi lisätä vielä urakoitsijan matkat pellolle, työn valmistelut ja riski eli todellinen hinta nousee tilastollisen markkinahinnan tasolle.

Taulukko 8. Laskennallisia korjuukustannuksia voidaan verrata toteutuneisiin tilastollisiin urakointihintoihin. Urakoinnin markkinahintoja on seurattu Työtehoseurassa kahden vuoden välein (Pentti 2003).

#### Urakointihinnat Työtehoseuran tilastosta, keskiarvot (ALV 0 %)

|                                     | v. 2002<br>€/kpl | v.2002<br>€/kpl | v. 2000<br>€/kpl | v. 1998<br>€/kpl | v. 1998<br>€/kpl |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| pyöröpaalaus (sis. narut ja verkot) | 5,82             |                 | 5,50             | 5,00             |                  |
| käärintä (ei sis. muovio)           | 3,18             |                 | 2,67             | 3,16             |                  |
| Koko työ sis niitto ja siirto       |                  | 13,2            |                  |                  | 13,50            |

|  | v. 2002<br>€/ha | v. 2000<br>€/ha | v. 1998<br>€/ha |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Niittomurskaus                           | 31,4            | 29              | 29,1            |
| Korjuu noukinvaunulla                    | 70,3            |                 |                 |
| Korjuu hinattavalla tarkkuus-silppurilla | 57,3            |                 |                 |

#### 4.3.3 Vaihtoehtoinen korjuu puimurilla

Karjatilalla, joilla puimuria käytetään usein vain suojaviljan korjuuseen nurmen päältä, puimurin vuosittainen käyttö jää melko vähäiseksi. Puimuri voi olla hankittu myös yhteiseksi. Verrattaessa kokoviljan korjuun kustannuksia vaihtoehtoiseen puintiin, nähdään kustannusten ero. Urakointitaksoissa puinnin keskimääräinen hehtaarikustannus oli 80 €/ha vuonna 2000 (83 €/ha, 1998). Kuivauksen keskimääräinen urakointikustannus on 190-260 hl kuivurissa ollut 30 €/h.

Viljan korjuun kustannuksia on selvitetty Viljan korjuu-, kuivaus- ja logistiikkakustannukset Suomessa tutkimuksessa (Aaltonen ym. 1999). Tuossa tutkimuksessa viljankuivauksen lähtökohta oli 3410 kg/ha satotaso ja 25,6 % puintikosteus. Kiinteät kustannukset olivat laskelman mukaan 0,03 €/kg (14,9 p/kg) ja muuttuvat kustannukset 0,01 €/kg (6,1 p/kg). Tutkimuksessa kuivauskustannus laskettiin olevan yhteensä 121,10 €/ha eli 0,04 €/kg (720 mk/ha tai 21.0 p/kg). Puinnin kustannukseksi laskettiin 71,48 €/ha (425 mk/ha) (Aaltonen ym. 1999). Puinnin jälkeen kerätään viljan olki nurmen päältä, jonka paalaus-kustannus on ollut tilaston mukaan keskimäärin 5,50 €/kpl (8 kpl/ha). Paalaus-kustannus on täten 44 €/ha. Kokonaiskustannus, joka aiheutuu urakoinnissa viljan korjuusta puintikalustolla ja edelleen viljan ja oljen edelleen käsittelystä on näiden lukujen perusteella 192,58 €/ha.

#### 4.3.4 Korjuukaluston valinta ja koneketjujen soveltuvuus työtaloudellisesti kokoviljankorjuuseen

Tilatasolla tehdään valintoja korjuukalustosta, jotta sato saadaan ajoissa koh- tuullisilla kustannuksilla korjatuksi. Esimerkiksi oletetaan, että tilalla, jolla on nurmea 25 hehtaaria, kierrossa on myös nurmien uudistamisessa tarvitta- vaa suojaviljaa, joka korjataan kokoviljana. Vuosittain korjattavaa kokoviljaa on puolet nurmialasta eli 13 hehtaaria. Karjatiiloilla korjuukauden työmäärä on suuri, joten työtalouden kannalta olisi ehkä järkevää ostaa koko työ tehty- nä riippumatta menetelmästä, jotta vältetään oma peltotyö (Klemola ym. 2000). Jos tällainen vaihtoehto on poissuljettu, pitää menetelmä valita käyttä- en lähtökohtana käytettävissä olevaa kalustoa. Usein kokoviljan korjuu on- nistuu jo olemassa olevalla kalustolla. Laskelman mukaan nurmea 25 hehtaa- ria ja kokoviljaa 13 hehtaaria vuodessa korjaavan tilan kannattaa käyttää joko silppuria tai noukinvaunua. Noukinvaunu on näistä kahdesta nopeampi, jol- loin vaikka korjuu-ala kasvaisi, sillä voidaan hoitaa myös suurempi pinta-ala. Jos kuljetusmatka kasvaa, noukinvaunulla yhä suurempi osa korjuuseen käy- tettävissä olevasta ajasta kuluu kuljetuksiin. Tällöin varastointi pellon lähei- syydessä antaa lisää aikaa korjuuseen vaikka pinta-ala kasvaisikin.

Paalainketjut ovat laajalti käytössä ja niitä voidaan käyttää myös kokoviljan- korjuussa. Pyöröpaalaimilla korjatun kokoviljan yksi ongelma on varisemis- tappiot, koska sato niitetään ensin sängen päälle (kuva 21). Karhoa ei tulisi enää käsitellä niiton jälkeen, jotta satotappiot eivät kasvaisi turhaan. Jos käy- tössä on normaalin niittolaitteen lisäksi mattoperäinen niittolaite, voidaan karhoja yhdistää ja kahdella ajokerralla voidaan paalata kolmen niittokoneen leveyden sato yhdeltä karholta. Tämä vähentää kulkemista pellolla paalaimen kanssa etenkin alhaisella satotasolla.

Karhojen yhdistämistä voidaan käyttää myös satoa noukinvaunulla korjatta- essa. Noukinvaunuketju toimii ketjuista taloudellisesti ja tehokkaasti jo yh- den työntekijän ketjuna. Niitto voidaan ajoittaa aamuun, jonka jälkeen kas- vusto kuivuu ja varsinainen korjuu noukinvaunulla tehdään iltapäivällä. Etenkin isoilla ja tehokkailla noukinvaunuilla korjuu voidaan järjestää toimi- vaksi muutaman kilometrin etäisyydeltä. Korjuun toimivuus ja sadon laatu on usein kiinni varastointipästä, jossa olisi syytä olla toinen henkilö. Kahden henkilön ketjuna korjuu sujuu jos toinen hoitaa vaunun ja toinen henkilö ni- ton ja tiivistämisen siilolla. Peltotiet on syytä olla kunnossa kuormien kanssa noukinvaunulla kuljettaessa.

Pyöröpaalajaketju toimii niin yhden kuin useamman työntekijän ketjuna. Etenkin jos paalaimessa on käärin, voidaan ketjua pitää yhden työntekijän ketjuna. Korjuu-ala jää kuitenkin suhteellisen pieneksi yhden ja jopa kahden henkilön ketjussa. Pienestä korjuu- alasta johtuen kustannukset ovat korkeat. Kolmen työntekijän ketjussa ketjun koneita hyödynnetään jo paremmin, päi- vittäinen työsaavutus nousee ja korjuukustannus laskee. Paaliketjun toimin-

nassa on huomioitava ketjun toiminnan sujuvuus, joka on kuitenkin helpompi suunnitella kuin irtotavaraketjussa. Irtotavaraketjussa pitää huomioida myös usein kuljetusmatka ja varastointi.

Silppuri on perinteinen karjatiiloilla käytetty kone tuorerehun korjuuseen. Silppuri sopii myös kokoviljan korjuuseen. Silppuri on hankintahinnaltaan edullinen, mutta sen työsaavutus on pieni. Ketju toimii yhdellä työntekijällä. Kahden henkilön ketjuna se toimii luontevasti kolmen kilometrin etäisyydelle. Tällöin toinen ajaa silppuria ja toinen henkilö kuljettaa, tasoittaa ja tiivistää kuorman siilolla.

Isomman traktorikiinnitteiset silppurit ja ajettavat tarkkuussilppurit edellyttävät tehokasta kuljetusta ja varastointia. Laakavaraston tiivistämisessä on syytä harkita pyöräkuormaajan käyttöä, koska tavallisten maataloustraktoreiden paino ei välttämättä riitä suurten rehumäärien tiivistämiseen (Schich & Stark 2002). Myös pyörivää kaivuria on käytetty tiivistämiseen.

# 5 Kokoviljasäilörehu ja nurmirehu maidontuotannossa - taloudellinen tarkastelu

*Heikki Mäkinen*

## 5.1 Tutkimuksen tausta ja tavoite

Maatalousyrittäjän tärkeimpänä tavoitteena pidetään yleisesti mahdollisimman hyvän taloudellisen tuloksen saavuttamista. Tavoitteeseen pääsemiseksi yrittäjän on kaiken aikaa etsittävä tapoja kehittää tuotantoaan ja sopeuttaa sitä muuttuviin olosuhteisiin. Viljelijä kohtaa toimintaympäristön muutokset esim. toimintaa ohjaavan institutionaalisen sääntelyn muuttumisena, kilpailutilanteen muuttumisena, hintasuhteiden muuttumisena ja teknologian sekä uusien innovaatioiden kehittymisenä (esim. Turkki 2000). Ulkoapäin tuleviin muutoksiin varautumisen lisäksi yrittäjän on tarpeen tarkastella jatkuvasti myös omia toimintatapojaan ja tilan tuotantojärjestelmiä kriittisesti. Tavanomaista on, että nautakarjatilalla viljellään rehuviljaa jopa laajamittaisesti omalla kalustolla, mikä ei useinkaan ole kannattavaa toimintaa, kun otetaan huomioon viljelyn kustannukset ja viljan hinta (vrt. Ala-Mantila & Riepponen 1998). Aaltosen ym. (1999) mukaan jo pelkät viljanviljelyn korjuu-, kuivaus- ja logistiikkakustannukset ovat kaksi kolmasosaa viljan hinnasta. Kuitenkin maitotilan tuotantojärjestelmässä viljalla on tärkeä rooli karjanlannan ja nurmien uudistamisen vuoksi. Viljan korjaaminen säilörehuksi on vanhaan tunnettu menetelmä, jota käytetään etenkin suurehkoilla maitotiloilla (Turunen 1999), mutta sitä koskeva taloudellinen tutkimus on ollut melko vähäistä. Tässä artikkelissa esitellään tuloksia MMM:n rahoittaman kokoviljan korjuuta, säilöntää ja käyttöä koskevan tutkimushankkeen talousosion. Talousosion tehtävänä hankkeessa oli kytkeä sen puitteissa tuotettua teknologista ja biologista tietoa yhteen ja tarkastella ongelmaa tilakokonaisuuden näkökulmasta. Tavoitteena oli selvittää, voidaanko kokoviljasäilörehun käytöllä parantaa maitotilan taloudellista tulosta, sekä millaisella kokoviljasäilörehun korjuuteknologialla saavutetaan paras tulos.

## 5.2 Tutkimusaineisto ja –menetelmät

Kokoviljasäilörehun sisällyttäminen maitotilan tuotannonhaarojen yhdistelmään on tuotantojärjestelmän muutos, joka vaikuttaa tilan toimintoihin laajasti. Muutoksia tapahtuu pellon käytössä, töiden ajoittumisessa, eläinten ruokinnassa ja lannan käsittelyssä. Muutosten taloudellisia vaikutuksia voitaisiin arvioida esim. maidon tuotantokustannuksen perusteella. Tämä edellyttäisi kuitenkin riittävän laajaa empiiristä aineistoa, josta maidon tuotantokustannus voitaisiin laskea mahdollisimman tarkasti. Aineiston tulisi sisältää riittävästi havaintoja erilaisista tuotantojärjestelmistä ja usealta vuodelta.



Tällöinkään ei voitaisi välttämättä olla varmoja siitä, mikä osuus tuotantokustannusten eroista aiheutuu rehustusjärjestelmän muuttumisesta, ja mikä osa esim. vuotuisesta sadonvaihtelusta, kiinteiden kustannusten muuttumisesta ja satunnaisista tekijöistä. Tästä syystä järjestelmien eroja onkin järkevää tarkastella malleilla, joissa muuttuvien tekijöiden vaikutus lopputulokseen pystytään ottamaan huomioon ja muut tekijät pitämään vakioina. Tällaisten tilamallien käyttö on yleistä, ja niitä sovelsivat mm. Turunen (2000) arvioidessaan kokoviljasäilörehun tuotantokustannuksia sekä Aaltonen ym. (1999) määrittäessään viljanviljelyn logistiikkakustannuksia.

Tässä tutkimuksessa tutkimusongelmaa tarkasteltiin maidontuottajan suunnitteluongelmana tilanteessa, jossa hänen on tehtävä pitkän aikavälin päätöksiä lehmien rehuntuotannon järjestämisestä. Tällöin rationaalisesti käyttäytyvä maidontuottaja pyrkii voiton maksimointi -oletuksesta johtuen maksimoimaan suunnittelutilanteessa kiinteiksi katsottaville tuotannon tekijöille jäävää kokonaistuoton osaa tilakohtaisten rajoitusten puitteissa (Ryynänen & Pölkki 1978, Ryhänen ym. 1996). Tarkastelu on tilamallityyppinen, mutta mallinnus rajoittui vain niihin tekijöihin, jotka ovat erilaisia eri vaihtoehtojen välillä.

Tutkimuksessa otettiin lähtökohdaksi kaksi erikokoista olemassa olevaa maidontuotantotilaa C2-tukialueelta (taulukko 9). Näille tiloille laadittiin tutkimusongelman ratkaisun kannalta järkeviä suunnitelmia tuotannon järjestämisestä. Suunnitelmat perustuivat katetuottomenetelmään siten, että tuotannonhaarojen yhdistely tehtiin käyttäen apuna lineaarista ohjelmointia (LP). Tämän menetelmän etuna on mahdollisuus erilaisten vaihtoehtojen ja suunnittelutilanteiden monipuoliseen simulointiin sekä se, että tilalla käytettäviä väli tuotteita (rehut) ei tarvitse hinnoitella lainkaan. Lisäksi LP-mallin avulla voidaan tarkastella optimiratkaisun herkkyyttä esim. hintojen ja panos-tuotos -suhteiden muutokselle.

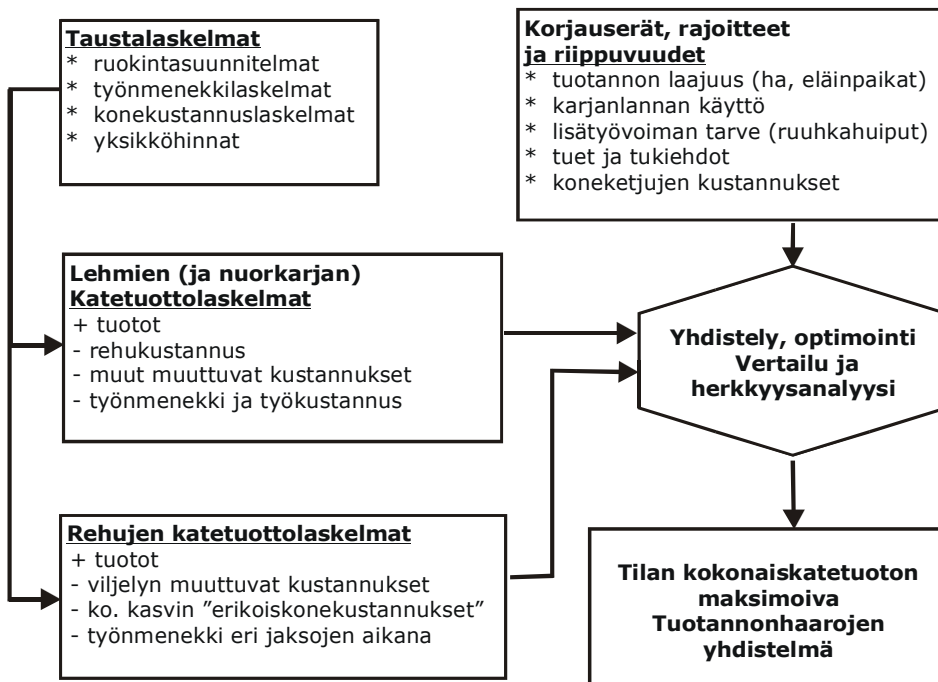
LP-menetelmän peruseriaate on, että se etsii mahdollisten tuotannonhaarojen yhdistelmien joukosta sen, joka maksimoi tavoitefunktion arvon (Doll & Orazem 1984). Tavoitefunktio puolestaan on eri tuotannonhaarojen yhteenlaskettu katetuotto. Erityisen tärkeää on huomata, että LP-menetelmä ei optimoi panos-tuotossuhteita. Se käyttää laskenta-aineistona annettuja tuotantofunktioiden pisteitä, jotka on ilmaistu tuotannonhaarojen katetuottolaskelmissa. Mikäli nämä on laadittu virheellisesti, myös optimoinnin tulos on harhainen. Tämä periaate pätee tietysti yleisemminkin maatilan tuotannon suunnitteluun: tulosten käyttökelpoisuus riippuu aina ennen kaikkea lähtötietojen oikeellisuudesta, ja laskentarutiini vain tiivistää tämän informaation tulkinnan ja päätöksenteon kannalta sopivaan muotoon. Vaikka tässä tutkimuksessa sovellettu menetelmä edustaakin normaalia maatilan tuotannon suunnittelumenetelmää (kuva 31), se ei kuitenkaan ole mikään sapluunaratkaisu. Laskelmia ei voida sellaisenaan soveltaa yleispätevästi mille tahansa tilalle, vaan suunnittelun tulee aina lähteä liikkeelle kullekin tilalle ominaisten resurssien, rajoitteiden ja tuotannon riippuvuuksien analysoinnista (vrt. Järveläinen ym. 1997).

Taulukko 9. Perustietoja esimerkkituloista.

|   | Tila A | Tila B |
|---|--------|--------|
| Peltoala, ha  | 32     | 90     |
| Maksimi lehmämäärä, kpl   | 20     | 55     |
| Tarkkailutuotos kg/lehmä  | 8 800  | 9 000  |
| Hehtaarisadot, kg   |        |        |
| Säilörehu   | 19 000 | 18 000 |
| Laidun  | 22 000 | --     |
| Kokoviljasäilörehu  | 15 000 | 15 000 |
| Ohra  | 3 000  | 3 000  |
| Kaura   | 3 000  | 3 000  |
| Tuotannonhaaroihin käytettävissä oleva tilan oma työvoima eri jaksoilla (h) |        |        |
| Kylvöaika   | 367    | 390    |
| 1. säilörehun korjuu  | 77     | 100    |
| 2. säilörehun korjuu  | 94     | 118    |
| Puinti  | 205    | 218    |
| Muu kesäaika  | 882    | 870    |
| Talviaika   | 2 380  | 2 550  |
| Koko vuosi  | 4 005  | 4 246  |

Molemmilla esimerkkituloilla säilörehulle haetaan CAP-tukea, eikä laajape-  
räistämispalkkiota siten oteta huomioon. Tila B joutuu tällöin kesannoimaan  
10 % CAP-alasta. Tutkimuksessa oletettiin, että säilörehun CAP-tuki saadaan  
täysimääräisenä. Tiedot esimerkkitulojen resursseista ja tuotantomahdolli-  
suuksista saatiin suoraan viljelijöiltä haastattelemalla. Tarvittavien katetuot-  
tolaskelmien laatimisessa käytettävät tiedot mm. sadoista, rehuarvoista,  
työnnenekeistä ja panosten käytöstä saatiin niinkään tiloilta, ja ne perustuvat  
viljelijöiden omiin muistiinpanoihin. Myös tuotteiden ja panosten hintoina  
käytettiin esimerkkitulojen saamia ja maksamia hintoja. Säilörehun korjuuket-  
jut ja korjuun työmenekit perustuvat kuitenkin tämän tutkimushankkeen  
teknologiaosioon, ja kokoviljasäilörehun rehuarvot hankkeen kotieläinosioon.  
Eläinten ruokinta suunniteltiin toteutettavaksi ruokintanormien mukaan, mis-  
tä aiheutuu tämän tutkimuksen ehkä *merkittävin heikkous: maidontuotannon  
oletetaan pysyvän normiruokinnalla vakiona, vaikka karkearehujen käyt-  
tösuhteet muuttuvat.*

Tätä tutkimusta on pidettävä luonteeltaan case-tyyppisenä tarkasteluna. Tu-  
lokset eivät tämän vuoksi ole laajasti yleistettävissä, mutta ne antavat kuiten-  
kin kuvan erilaisten vaihtoehtojen paremmuudesta kyseisessä tilanteessa.  
Tutkimuksen laskentamalli on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Vaihtoehtojen taloudellisuuden tarkastelussa käytetty laskentamalli.

## 5.2.1 Tutkitut vaihtoehdot

Vertailukohtaksi laadittiin tilojen nykyistä tuotantoa mahdollisimman hyvin kuvaava malli. Näissä perusmalleissa karkearehuna käytettiin pelkästään esikuivattua nurmisäilörehua, joka korjattiin hienosilppurilla, sekä tilalla A lisäksi laidunta. Vaihtoehtoisissa malleissa tarkasteltiin tilannetta, joka oli muuten samanlainen kuin perusmallissa, mutta jossa puolet lehmien karkearehusta ja kaikki nuoren karjan karkearehu oli kokoviljasäilörehua, ja kokoviljasäilörehun viljelyala määräytyi tämän mukaan. Säilörehun korjuuketjuina vertailtiin taulukon 2 mukaisia koneketjuja, joita käytettiin sekä nurmi- että viljasäilörehun korjuuseen. Molempien tilojen säilörehunkorjuun ajateltiin tapahtuvan yhteistyönä toisen tilan kanssa, mikä vastaa myös todellisuutta näillä tiloilla ja on järkevää sekä työnkäytön että konekustannusten kannalta.

Taulukko 10. Koneketjut ja niiden vuotuiskestannukset. Ketjut on laadittu tämän tutkimushankkeen korjuuteknologia-osion koneketjujen pohjalta.

|  | Hankinta-<br>hinta <sup>1</sup> | Annui-<br>teetti <sup>2</sup> | Kunnos-<br>sapito <sup>3</sup> | Kust.<br>Yht., €/v |
|--|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| <b>Niittomurskain + hienosilppuri</b>  |                                 |                               |                                |                    |
| Niittomurskain   | 15 171                          | 2 270                         | 303                            | 2 573              |
| Tarkkuussilppuri   | 23 378                          | 4 143                         | 468                            | 4 611              |
| perävaunut, 2 kpl (90%) <sup>4</sup>   | 19 527                          | 2 921                         | 391                            | 3 312              |
| etukuormain (30%) <sup>4</sup>   | 1 569                           | 235                           | 31                             | 266                |
| Yhteensä, €/v, jaettuna kahdelle tilalle   |                                 |                               |                                | 5 381              |
| <b>Niittomurskain + pyöröpaalain + käärintälaite</b>   |                                 |                               |                                |                    |
| Niittomurskain   | 15 171                          | 2 270                         | 303                            | 2 573              |
| Pyöröpaalain   | 19 342                          | 2 894                         | 387                            | 3 281              |
| Käärintälaite  | 7 585                           | 1 135                         | 152                            | 1 287              |
| Etukuormain (30%) <sup>4</sup> ja nostin   | 2 747                           | 411                           | 55                             | 466                |
| Yhteensä, €/v, jaettuna kahdelle tilalle   |                                 |                               |                                | 3 803              |
| <b>Niittomurskain + noukinvaunu</b>  |                                 |                               |                                |                    |
| Niittomurskain   | 15 171                          | 2 270                         | 303                            | 2 573              |
| silppuava noukinvaunu  | 32 670                          | 4 888                         | 653                            | 5 541              |
| etukuormain (30%) <sup>4</sup>   | 1 569                           | 235                           | 31                             | 266                |
| Yhteensä, €/v, jaettuna kahdelle tilalle   |                                 |                               |                                | 4 190              |
| <b>Pyöröpaalausurakointi</b>   |                                 |                               |                                |                    |
| Urakoitsijan taksa ilman muovia<br>ja säilöntäainetta: 13,6 €/paali, á 700 kg  |                                 |                               |                                |                    |
| Etukuormain (30%) <sup>4</sup> ja paa-<br>linostin   | 2 747                           | 411                           | 55                             | 466                |
| <b>Rehusiilot<sup>5</sup></b>  |                                 |                               |                                |                    |
| Kattamaton rehusiilo 500 m <sup>3</sup><br>(tila A)  | 11007                           | 887                           | 110                            | 997                |
| Kattamaton rehusiilo 1600 m <sup>3</sup><br>(tila B)   | 63575                           | 5123                          | 636                            | 5759               |
| 1 Hankintahinnat alv 0 %   |                                 |                               |                                |                    |
| 2 Laskentaperusteet: koneiden jäännösarvo 10 % jha:sta, korko 7 %, poisto aika 10 v<br>rakennusten poisto aika 30 v, ei jäännösarvoa |                                 |                               |                                |                    |
| 3 Kunnossapitokustannus koneille 2 % ja rakennuksille 1 % jha:sta  |                                 |                               |                                |                    |
| 4 Prosentti osoittaa, kuinka suuri osa. koneen käytöstä ja kustannuksista on kohdis-<br>tettu säilörehulle                           |                                 |                               |                                |                    |
| 5 Hankintakustannus MMM:n ohjeiden mukaan, vähennetty rakennetuki 30 % kus-<br>tannuksista   |                                 |                               |                                |                    |

Kussakin laskelmassa eri tuotantoprosessit (esim. lehmä, hieho, säilörehu, rehuviljat, peltoalatuot) yhdisteltiin LP-matriisilla. Matriisiin asetettiin rajoitteita, jotka määräsivät mm. suurimman mahdollisen peltoalan ja lehmämäärän, sekä työnmenekin etenkin työhuippujen aikana. Lisäksi rajoite- ja taseyhtälöillä sidottiin yhteen mm. karjanlannan tuotettu määrä ja käyttömahdollisuus sekä nurmien uudistamistarve ja viljojen viljelyalat. Kaikissa malleissa tilan omaa työpanosta oli mahdollista täydentää ostamalla lisätyövoimaa. Myös käytännössä molemmilla esimerkkituloilla käytetään ostotyövoimaa suurimmista työhuipuista (säilörehun korjuut) selviytymiseen.

Matriisien ratkaisuna saatiin tilan kokonaiskatetuoton maksimoiva tuotannonhaarojen yhdistelmä. Tästä varsinaisesta katetuotosta vähennettiin vielä kyseiseen vaihtoehtoon liittyvän rehunkorjuukoneketjun aiheuttama vuotuinen kustannus, joka sisältää koneiden poiston, koron ja kunnossapitokustannuksen. Niissä vaihtoehtoissa, joissa säilörehut korjataan ja varastoidaan irtotavarana (hienosilppuri- ja noukinvaunuketjut), kokonaiskatteesta vähennettiin myös tuorerehuvaraston vuotuinen kustannus. Näin saatua tilakohtaista katetuottoa kutsutaan tässä yhteydessä *suunnittelukatteeksi*. Korjuukoneiden ja rehuvarastojen vuotuinen kustannus on katsottava muuttuvaksi kustannukseksi, sillä pitkän aikavälin suunnittelutilanteessa ollaan tekemässä päätöstä rehunkorjuuteknologian valinnasta, ja siitä aiheutuvilla kustannuksilla on keskeinen merkitys päätöksenteossa.

Jotta tilan tuotanto kokonaisuutena tarkastellen olisi kannattavaa, olisi suunnittelukatteella kyettävä peittämään kaikki ne kustannukset, joita ei laskentamallissa ole vielä huomioitu. Tällaisia ovat mm. pellon, salaojen, kotieläinrakennuksen, maitokiintiön, traktoreiden ja muun peltoviljelykaluston vuotuinen kustannus, tuotannonhaaroihin sisällymätön työkuukustannus (esim. joh-to- ja kunnossapitotyö) sekä tilan yleiskustannukset. Näitä ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa määritetty, sillä suunnittelukate on tutkimuksen tavoitteiden kannalta vaihtoehtojen keskinäistä paremmuutta riittävän hyvin kuvaava tunnusluku.

### 5.3 Tulokset

Laskentamallien antamat tulokset on esitetty tiivistetysti taulukossa 11 ja suunnittelukatteiden vertailu lisäksi kuvissa 32 ja 33. Kaikissa malleissa optimiratkaisu perustui täysimääräiseen maidontuotantoon, eli lehmiä kannatti pitää niin paljon kuin navetan koko ja maitokiintiö sallivat. Pellon käyttö oli lähes täysin sidoksissa eläinten tarvitsemaan rehualaan; tästä mahdollisesti yli jäävällä peltoalalla viljeltiin rehuviljaa, sillä se oli mallissa ainoa tapa, jolla ylimääräistä peltoa voitiin taloudellisesti hyödyntää. Peltoalan runsauden ansiosta nurmien uudistaminen ja karjanlannan sijoittaminen nurmirikkoon eivät tuottaneet ongelmia kummallakaan tilalla.

Taulukko 11. Suunnittelukatteen muodostuminen eri vaihtoehtoissa, €/tila.

|   | Perustilanne,<br>vain<br>nurmi,<br>tarkkuus<br>silppuri | Nurmi ja kokoviljasäilörehu |                   |                  |                       |
|---|---|-----------------------------|-------------------|------------------|-----------------------|
|   |   | tarkkuus-<br>silppuri       | pyörö-<br>paalain | noukin-<br>vaunu | paalaus-<br>urakointi |
| <b>Tila A</b>   |   |                             |                   |                  |                       |
| Katetuotto  | 20 459  | 20 281                      | 19 497            | 20 699           | 16 164                |
| Tuet  | 16 591  | 16 839                      | 16 839            | 16 839           | 16 839                |
| - Konekustannus                                       | 5 381   | 5 381                       | 3 803             | 4 190            | 466                   |
| - Rakennuskustannus                                   | 997   | 997                         | ---               | 997              | ---                   |
| <b>Suunnittelukate</b>                                | <b>30 672</b>   | <b>30 742</b>               | <b>32 533</b>     | <b>32 350</b>    | <b>32 537</b>         |
| <b>Suunnittelukate, jos<br/>maitotuotos alenee 5%</b> |   | <b>27 101</b>               | <b>28 892</b>     | <b>28 709</b>    | <b>28 897</b>         |
| <b>Tila B</b>   |   |                             |                   |                  |                       |
| Katetuotto  | 80 103  | 82 959                      | 79 906            | 85 185           | 68 595                |
| Tuet  | 46 961  | 48 024                      | 48 024            | 48 024           | 48 024                |
| - Konekustannus                                       | 5 381   | 5 381                       | 3 803             | 4 190            | 466                   |
| - Rakennuskustannus                                   | 5 759   | 5 759                       | ---               | 5 759            | ---                   |
| <b>Suunnittelukate</b>                                | <b>115 924</b>  | <b>119 843</b>              | <b>124 126</b>    | <b>123 259</b>   | <b>116 152</b>        |
| <b>Suunnittelukate, jos<br/>maitotuotos alenee 5%</b> |   | <b>109 603</b>              | <b>113 887</b>    | <b>113 020</b>   | <b>105 913</b>        |

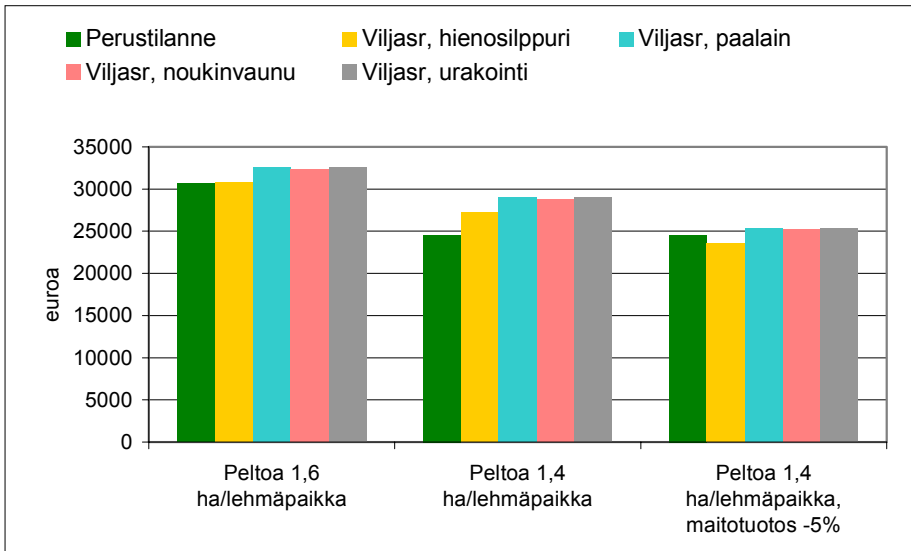
Kun lehmien tuotostason oletettiin pysyvän vakiona, kaikki kokoviljasäilörehua sisältävät vaihtoehdot antoivat molemmilla esimerkkituloilla paremman tuloksen eli korkeamman suunnittelukatteen kuin pelkkään nurmisäilörehuun perustuva vaihtoehto. Parhaan tuloksen antoivat tilalla A molemmat pyöröpaalausvaihtoehdot, joilla suunnittelukate oli noin 1 860 € eli 6% parempi kuin perusvaihtoehdossa. Myös tilalla B pyöröpaalaus oli paras vaihtoehto, siinä suunnittelukate oli 8 202 € (7,1 %) perusvaihtoehtoa parempi. Tilalla B kaikki oman kaluston käyttöön perustuvat vaihtoehdot olivat paalausurakointia edullisempia, sillä korjattavan pinta-alan kasvaessa koneketjun kustannus jakautuu yhä suuremmalle pinta-alalle, kun taas urakoitsijan veloitus kasvaa suoraviivaisesti pinta-alan myötä. Peltoalatukien osuus suunnittelukatteesta oli huomattavan suuri, tilalla A n. 52 - 54 % ja tilalla B n. 36 - 41 %.

Ratkaisujen rakenne (ns. kantaratkaisu) ei ollut herkkä minkään tuotanto-, osto- tai myyntiprosessin katetuoton tai hinnan suhteen. Tämä johtuu siitä, että näillä tiloilla, tässä suunnittelutilanteessa ja käytetyillä panostuo-

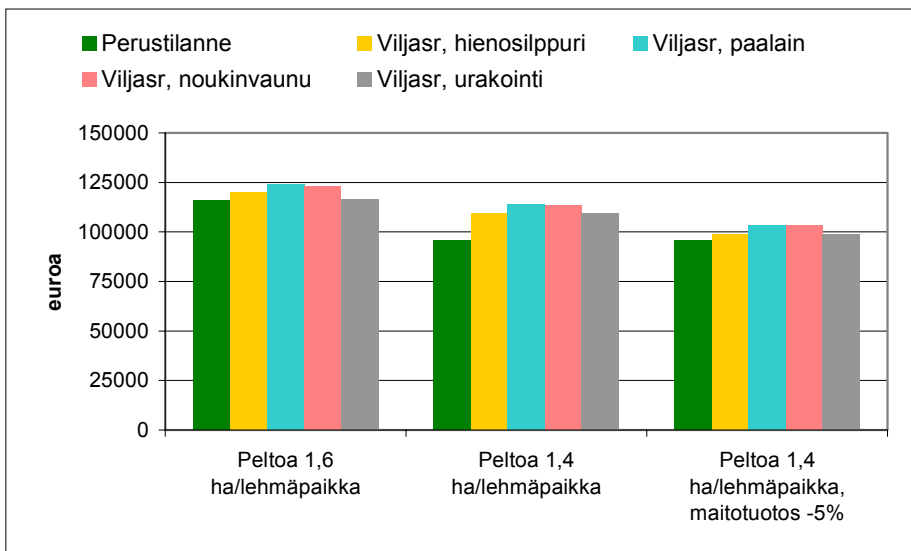
tossuhteilla maidontuotannosta saatava katetuotto on ylivoimaisen suuri viljanviljelyn katetuottoon verrattuna. On kuitenkin huomattava, että mikäli suunnittelutilanteessa oltaisiin tekemässä päätöstä maidontuotannon jatkamisesta tai lopettamisesta, myös nyt kiinteinä pidetyt maidontuotannon kustannukset (merkittävimpanä navetan vuotuinen kustannus) olisi katsottava muuttuviksi ja otettava huomioon nautojen katetuottoja laskettaessa. Tällöin kantaratkaisut olisivat paljon herkempiä.

Ratkaisujen antama euromääräinen suunnittelukate sen sijaan muuttui heti, kun tuotomääriä muutettiin. Kriittisin kohta oli lehmien maitotuotos, sillä sen kautta saadaan suurin osa tilan katetuotosta. Niinpä kokoviljasäilörehua sisältävien mallien suunnittelukate aleni merkittävästi, kun lehmien maitotuotosta pienennettiin. Viiden prosentin lasku tuotostasossa johti tilan A suunnittelukatteen alenemiseen 3 640 eurolla kussakin vaihtoehdossa (n. 11 %), jolloin niiden suunnittelukate jäi alhaisemmaksi kuin perusmallissa. Aleneminen oli lineaarista, eli yhden prosenttiyksikön lasku tuotoksessa alensi suunnittelukatetta 728 €. Tilalla B vastaava viiden prosentin maitotuotoksen lasku alensi kokoviljasäilörehua sisältävien mallien suunnittelukatetta 10 239 € (n. 8 - 9 %, 2048 €/prosenttiyksikkö), jolloin kaikkien vaihtoehtojen kannattavuus jäi heikommaksi kuin perusmallissa. Tuotostaso on keskeinen kannattavuuteen vaikuttava tekijä, mutta Jaakkolan ym. (2002a) mukaan näyttää kuitenkin siltä, että mikäli viljasäilörehu on riittävän hyvälaatuista, tuotostason laskun riski on pieni.

Tiloilla oli käytettävissään suhteellisen paljon peltoa lypsylehmää kohti (1,6 ha/lehmäpaikka). Tämän vuoksi sen enempää lannan sijoittaminen kynnnettävään peltoon kuin nurmien uudistaminen suojaviljan avulla eivät rajoittaneet tuotannon järjestämistä, vaan tärkein rajoite oli lehmien maksimimäärä, jota taas rajoittivat navetan koko ja maitokiintiö. Kun tilojen peltoalaa laskentamallissa supistettiin 1,4 hehtaariin lehmäpaikkaa kohti muita tekijöitä muuttamatta, kokoviljasäilörehuvaihtoehtojen suhteellinen kannattavuus parani (kuvat 32 ja 33). Tilalla A kokoviljasäilörehua käytettäessä saatiin nyt 10 - 18 % ja tilalla B 14 - 19 % suurempi suunnittelukate kuin pelkkään nurmisäilörehuun perustuvassa mallissa. Viime mainitussa lannan sijoittaminen kynnökselle vaati rehuviljojen viljelyalan suhteellisen osuuden säilyttämistä riittävän suurena (=vähintään 1/3 nurmialasta), jolloin taas nurmien viljelyala ja tämän seurauksena suurin mahdollinen lehmien määrä laski tilalla A 17:een ja tilalla B 47:een. Kokoviljasäilörehua tuotettaessa tätä ongelmaa ei ollut, koska lanta voidaan ongelmitta sijoittaa säilörehuksi korjattavaa viljaalaa perustettaessa. Rehuviljan suhteellinen viljelyala supistui peltoalaa pienennettäessä, mutta tämä ei aiheuttanut merkittävää vähennystä suunnittelukatteeseen, koska rehuvilja on halpaa ja sen viljely näillä maitotiloilla heikosti kannattavaa.



Kuva 32. Tilan A suunnittelukate €/tila eri suunnittelumalleilla erilaisilla peltoala/lehmäpaikka -suhteilla.



Kuva 33. Tilan B suunnittelukate €/tila eri suunnittelumalleilla erilaisilla peltoala/lehmäpaikka -suhteilla

Myös alennetulla peltoalalla maitotuotoksen mahdollinen lasku kokoviljasäilörehua käytettäessä alentaa suunnittelukatetta lineaarisesti (kuvat 32 ja 33). Viiden prosentin tuotoksen lasku merkitsee tilalla A 3 640 euron ja tilalla B 10 257 euron suuruisia suunnittelukatteen laskua. Tällöin kuitenkin kaikki kokoviljasäilörehuvaihtoehdot antavat molemmilla tiloilla edellen paremman tuloksen kuin perustilanne.



Malleilla simuloitiin myös tilannetta, jossa peltoala pysyi ennallaan, mutta lehmien maksimimäärän sallittiin nousta neljänneksen alkuperäistä maksimia suuremmaksi olettaen, että maitokiintiö ei tätä rajoita. Tällainen voisi olla tilanne esim. silloin, kun tilalla on mahdollista laajentaa maidontuotantoa täyttämällä vapaita lehmäpaikkoja, tai mikäli lisäpaikkojen rakentaminen tilalle olisi jostakin syystä erityisen halpaa. Nurmisäilörehumallissa lehmämäärän kasvattaminen ei onnistunut kummallakaan tilalla, sillä rajoitteiksi tulivat sekä lannan käyttö että nurmien uudistaminen. Kokoviljasäilörehumalleissa lehmämäärä kasvoi uuteen maksimiin, eikä sen enempää lanta kuin nurmien uudistamiseenkaan aiheuttanut ongelmia. Tilan ulkopuolisen työvoiman tarve luonnollisesti kasvoi tuotannon laajetessa, mikä söi osan maidontuotannon laajentamisen tuomasta hyödystä. Työnmenekin kasvu toisaalta toi edelleen esiin kokoviljasäilörehua sisältävien vaihtoehtojen suhteellisen edullisuuden, kun karkearehun korjuun ajoittuminen kahden työhuipun sijasta kolmeen tehosti tilan oman työvoiman käyttöä.

## 5.4 Tulosten tarkastelua

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan maitotilan taloudellista tulosta voidaan jossain määrin parantaa liittämällä hyvälaatuinen kokoviljasäilörehu osaksi tilan tuotantjärjestelmää. Myös Turusen (2000) tutkimuksessa kokoviljasäilörehun avulla oli mahdollista parantaa maidontuotannon kannattavuutta. Saavutettava hyöty riippuu ennenkaikkea kokoviljasäilörehun laadusta ruokinnassa sekä kunkin tilan olosuhteista ja sillä jo olevista resursseista ja tuotantovälineistä. Resurssitekijöistä tärkein on tilan peltoalan ja eläinmäärän, ja sen myötä karjanlannan määrän välinen suhde. Matala eläinyksikkö/peltoala -suhde ei aiheuta niin suuria ongelmia kuin korkea eläinyksikkö/peltoala -suhde. Jälkimmäisessä tapauksessa tilan pellonkäyttöön liittyviä rajoitteita lannan ja nurmien uudistamisen osalta voidaan väljentää kokoviljasäilörehun avulla. Tällöin tilan maidontuotannon laajentaminen on pellonkäytön osalta helpompaa, kuin pelkkää nurmisäilörehua tuotettaessa. Lannankäytön ongelmia voidaan tietenkin ainakin jossain määrin ratkaista käyttämällä sellaista lannanlevitysteknologiaa, jolla lanta voidaan sijoittaa nurmeen. Tästä aiheutuu kuitenkin lisäkustannuksia sekä puhtausriskejä, jotka on otettava huomioon päätöstä tehtäessä (Sipilä & Pehkonen 1998). Mikäli navetassa on kuivaintamennäköistä, ei lannan levittäminen kasvavaan nurmeen tule lainkaan kysymykseen.

Kokoviljasäilörehua käytettäessä lisähyötyä tuottaa myös säilörehunkorjuun työhuippujen tasoittuminen sekä kokoviljasäilörehun satoisuudesta johtuva viljelyn parempi suhteellinen kannattavuus nurmisäilörehuun ja rehuviljaan verrattuna. Kokoviljasäilörehua käytettäessä tilan oman rehuviljan tuotannon sijasta voidaan käyttää entistä enemmän ostettua viljaa, joka on nykyisten hintasuhteiden vallitessa selvästi edullisin lehmien rehu. Toisaalta viljasäilörehualalle saadaan kuitenkin viljan nurmia korkeammat peltoalatuet, vaikkakaan näiden ero ei enää ole niin suuri kuin EU-jäsenyyden alkuvaiheessa.

Tarkasteluaikavälin pidetessä yhä suurempi osa maitotilan kustannuksista on muuttuvia. Myös rehunkorjuukaluston ja rehuvaraston vuotuinen kustannus on pitkällä aikavälillä muuttuva, joten tuotannon pitkän aikavälin kannattavuuden kannalta kaluston valinnalla on keskeinen merkitys. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että pienemmällä (20 lehmää) tilalla pyöröpaalaus joko urakointina tai omalla kalustolla on edullisin rehunkorjuutapa. Suuremmalla tilalla (55 lehmää) oma pyöröpaalain- tai noukinvaunu muodostavat edullisimman korjuuketjun. Korjattavan rehualan kasvaessa tilan oman tai tilojen yhteisen korjuuketjun kilpailukyky suhteessa urakointiin paranee, kun vuotuinen kiinteä konekustannus jakaantuu entistä suuremmalle peltoalalle. Eri korjuuketjujen väliset erot tilojen suunnittelukatteessa olivat melko pieniä, eli jos ketjujen hankintahinnat poikkeavat olennaisesti siitä, mitä tämän tutkimuksen konekustannuslaskelmissa arvioitiin, ketjujen keskinäinen edullisuus saattaa muuttua. Myös mahdolliset erot korjuutappioissa eri korjuumenetelmien välillä saattavat muuttaa menetelmien edullisuusjärjestystä. Korjuuketjujen edullisuusjärjestys ei muutenkaan ole täysin yksiselitteinen. Mikäli tilalla on suunnittelutilanteessa riittävästi siilotilaa säilörehujen varastointia varten, voidaan rehusiiloista aiheutuvat kustannukset katsoa uponneiksi kustannuksiksi ja jättää huomiotta korjuumenetelmien edullisuutta vertailtaessa. Tällöin irtorehua korjaavien ketjujen suhteellinen edullisuus paranee, ja sekä hienosilppuri- että noukinvaunuvaihtoehto tulevat edullisemmiksi kuin pyöröpaalaus molemmilla tiloilla. Koneketjujen keskinäisestä edullisuudesta tehdyt päätelmät ovat samansuuntaisia Seppälän ym. (2002) nurmirehun korjuun taloudellisuutta koskeneen tutkimuksen kanssa.

Säilörehun korjuu urakointina on edullisuutensa vuoksi harkinnan arvoinen vaihtoehto etenkin pienille maitotiloille. Tiloilla, joilla tilojen välisen koneyhteistyön järjestäminen ei onnistu, se on ylivoimainen edullisuudeltaan. Lisäksi se saattaa olla erinomainen siirtymäkauden strategia, jolla kustannuksia aiheuttavaa investointipäätöstä voidaan lykätä myöhempään ajankohtaan, jolloin esim. tuotannon yleiseen kannattavuuteen vaikuttavat hintasuhteet ja vallitseva maatalouspolitiikka saattavat muuttua.

Kokoviljasäilörehun hyvyys tai huonous tilan talouden kannalta kulminoituu kysymykseen rehun ruokinnallisesta laadusta sekä ruokinnan järjestämisestä. Jotta viljasäilörehu olisi kilpailukykyistä nurmirehuun verrattuna, sen on oltava tuotantovaikutukseltaan vähintäänkin lähellä nurmisäilörehua. Lopuksi on vielä syytä korostaa, että tässä esitetyt tulokset perustuvat todellisuutta kuvaaviin yksinkertaistettuihin malleihin. Lisäksi niihin liittyy voimakkaita oletuksia mm. juuri rehujen ruokinnallisesta arvosta. Tämän vuoksi tuloksia tulee tarkastella vain suuntaa antavina, eikä niiden perusteella voi tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Tilakohtaiset ratkaisut ja investointipäätökset tulee aina perustaa tarkkaan tapauskohtaiseen tiedonhankintaan ja suunnitteluun.

## 6 Johtopäätöksiä

Tutkimuksen keskeinen lähtökohta oli selvittää, voidaanko kokoviljasäilörehun viljelyn avulla päästä nurmiviljelyyn erikoistuneilla karjataloilla vain yhteen korjuuketjuun ja saavuttaa siten kustannussäästöjä. Karjataloilla viljellään nurmen ohella myös viljaa, sillä nurmet uudistetaan yleensä käyttäen suojaviljaa, minkä lisäksi avointa peltoa tarvitaan usein lisää myös lannan sijoittamista varten. Erityisen suuri tarve tähän on kuivalantajärjestelmän tiloilla, sillä kuivalantaa ei käytännössä voi levittää nurmelle. Tulosten perusteella vastaus em. kysymykseen on yksiselitteisesti myönteinen. Kokoviljasäilörehu antaa tähän hyvät mahdollisuudet. Sen tuotantokustannukset näyttävät olevan samalla tasolla kuin nurmisäilörehun. Samoin sen tuotantovaikutus on hyvin lähellä säilörehun tuotantovaikutusta. Tässä suhteessa ohra ja vehnä ovat samanarvoisia. Kokoviljasäilörehun suurin hyöty tilatasolla näyttäisi tutkimustulosten perusteella olevan sen mahdollistama joustavuus tuotannon järjestämiseen

### 6.1 Joustavuus tuotannon järjestämisessä

Kokoviljasäilörehun käyttö tarjoaa nautakarjataloille ennen kaikkea joustavuutta tuotannon järjestämiseen. Saavutettava joustavuus on selkeästi suurin kokoviljasäilörehun käytöstä saatava hyöty. Joustavuus ja mahdollisuus sopeuttaa tuotantoa suhteellisen nopeasti olosuhteiden mukaan ilmenee niin pellon käytössä, karjanlannan sijoittamisessa kuin korjuutöiden tekemisessäkin. Nämä joustavuuselementit ovat saavutettavissa ilman, että niistä aiheutuu lisäkustannuksia tai että tilan taloudellisesta tuloksesta joudutaan tinkimään. Tutkimuksen talousosiossa todettiin, esimerkkitaloista muodostettujen mallien avulla, että tietyissä tilanteissa kokoviljasäilörehun avulla voidaan saavuttaa jopa parempi taloudellinen tulos kuin nurmisäilörehuun perustuvasa tuotannossa. Kokoviljasäilörehun taloudellista merkitystä on kuitenkin vaikea mitata yksiselitteisesti ja yleispätevästi suurten tilakohtaisten erojen johdosta.

Suomen olosuhteissa kasvukaudet voivat olla keskenään hyvinkin erilaisia, mikä omalta osaltaan vaikeuttaa karjatalan tuotannon suunnittelua. Epäedullisen kesän sattuessa saattaa käydä niin, että nurmien sadot jäävät alhaisiksi, jolloin säilörehuksi ja laitumeksi varattu nurmiala osoittautuu liian pieneksi. Tästä seuraa, että tilalla ei saada korjatuksi riittävästi säilörehua sisäruokintakautta varten. Tällaisessa tilanteessa on mahdollista muuttaa tuotantosuunnitelmaa kesken kasvukauden siten, että osa rehuvilja-alasta korjataan kokoviljasäilörehuksi ja näin varmistetaan riittävä karkearehujen kokonaissato. Samoin alun perin puitavaksi aiottu rehuvilja voidaan tarvittaessa korjata täysin kelpolliseksi säilörehuksi, mikäli näyttää siltä, että viljaa ei voida puimalla järkevästi korjata. Tällainen voi tilanne olla esim. silloin, kun runsaat sateet aiheuttavat viljan lakoontumista ja siitä seuraavia laatuongelmia tai liian epä-

tasaista tuleentumista. Sen sijaan että puitaisiin sekä määrältään että laadultaan heikko viljasato korkein korjuu- ja kuivauskustannuksin, voidaan kasvusto korjata säilörehuksi ja varmistaa arvoltaan kohtuullisen sadon saaminen. Samalla turvataan suojaviljan alle perustetun nurmen onnistuminen, kun lakoontuva viljakasvusto korjataan pois riittävän aikaisin eikä olkipahna jää sitä tukahduttamaan. Tilan oman rehuviljasadon jääminen aiottua pienemmäksi ei muodosta merkittävää ongelmaa, sillä viljaa on suhteellisen edullista ja sitä on helppo ostaa tilan ulkopuolelta. Lisäksi ostettu rehuvilja on karjatiiloilla yleensä selvästi edullisempaa kuin itse tuotettu. Ostovilja käytettäessä tilalla ei myöskään tarvitse huolehtia syksyn viljasadon korjuusta ja varastoinnista, vaan rehuviljaa voidaan hankkia joustavasti talven aikana. Vastaava tuotannon sopeuttaminen kasvukauden mukaan toimii myös toiseen suuntaan. Jos nurmisäilörehua tulee ennakoitua runsaammin, kokoviljasäilörehuksi tarkoitettu vilja voidaan puida.

## 6.2 Kokoviljasäilörehun tuotantovaikutus

Tämän tutkimushankkeen puitteissa ei suoranaisesti tutkittu kokoviljasäilörehun tuotantovaikutusta maidontuotannossa. Rehun laatu arvioitiin vain rehuanalyysien avulla. Tuotantovaikutus on kuitenkin tärkein yksittäinen tekijä arvioitaessa kokoviljasäilörehun käytön taloudellisuutta. Mikäli tuotantovaikutus on olennaisesti heikompi kuin normaalilaatuisella nurmisäilörehulla, maidontuotannon taloudellinen tulos heikkenee nurmisäilörehuun perustuvaan tuotantoon verrattuna. Tutkimuksen tulos on tässä suhteessa epäselvä. Tämän tutkimuksen kanssa samaan aikaan MTT:ssä suoritettiin kokeita, joista osassa tuotos laski vain hieman ja osassa jopa parani hieman. Tuotoksen laskun riski poistuu käytännössä kokonaan, kun lehmille on tarjolla kokoviljasäilörehun lisäksi myös nurmisäilörehua. Tällöin karkearehun kokonaissyönti kasvaa, jolloin maitotuotos saattaa jopa nousta pelkkään nurmirehu-ruokintaan verrattuna (Jaakkola ym. 2002a).

Lehmien kokonaissyönnin kasvun tuoma hyöty on parhaiten saavutettavissa, mikäli lehmät voidaan ruokkia seosrehulla, jossa eri rehulajit on valmiiksi sekoitettu keskenään. Mikäli tilalla ei käytetä seosrehuruokintaa, on ruokinta toteutettava jakamalla erikseen kumpaakin karkeaa rehua. Seosrehulla ja etenkin eläimiä yksilöllisesti ruokittaessa voidaan rehustus suunnitella myös siten, että korkeimmassa tuotosvaiheessa oleville lehmille annetaan pääosin parasta nurmisäilörehua, ja alemmassa tuotosvaiheessa ja ummessa oleville sekä nuorkarjalle pelkkää kokoviljasäilörehua. Kokoviljasäilörehun laatua voidaan myös mukauttaa kohtalaisen helposti vastaamaan ko. eläinryhmän vaatimuksia muuttamalla korjuuaikaa ja säätämällä leikkuukorkeutta, ts. rehun olki – tähkäsuhdetta. Tämä puoltaa selvästi eri laatua olevien kokoviljasäilörehuerien korjaamista ja varastointia pyöröpaaleihin, jolloin eri laatu-erät voidaan helposti pitää erillään. Kahden erillisen säilörehulaadun varastointi ja jakelu saattaa kuitenkin joillakin tiloilla olla vaikeasti järjestettävissä.

## 6.3 Korjuutekniikka

Etenkin suurilla karjatililla säilörehun korjuukerrat muodostavat kasvukaudella kaksi merkittävintä työhuippua. Rehunkorjuusta on pystyttävä suoriutumaan muutamassa päivässä, jotta rehu saadaan korjatuksi hyvälaatuisena. Erityisen tärkeää tämä on säilörehun kevätsatoa korjattaessa, jolloin nurmen kehitys on nopeaa. Tästä syystä korjuun viivästyessä korjatun rehun laatu heikkenee ja arvo alenee nopeasti. Syyssadon korjuussa käytettävissä oleva aika on jonkin verran pidempi. Korjuutyöstä selviytymiseen liittyy aina sääriski. Mikäli säilörehun korjuuajan säät ovat korjuun kannalta epäedulliset, vaarantuu laadukkaan sadon saaminen entisestään etenkin, kun säilörehu korjataan esikuivattuna. Säilörehun korjuusta selviytyminen riittävän nopeasti vaatii useilla tiloilla enemmän työvoimaa kuin tilalla on normaalisti käytettävissä eikä tilojen ulkopuolisen työvoiman käyttö läheskään aina ole mahdollista. Jossain määrin ongelmaa voidaan pyrkiä ratkaisemaan tilojen välisellä yhteistyöllä, mikä mahdollistaa myös suurten ja tehokkaiden konekettujen taloudellisen käytön.

Kokoviljasäilörehun sisällyttäminen karjatilán tuotannonhaaroihin pienentää nurmisäilörehuksi korjattavaa pinta-alaa, jolloin sen korjuusta selviydytään sääriskistä huolimatta varmemmin siihen käytettävissä olevan ajan puitteissa. Samalla karkearehun korjuu jakaantuu kahden jakson sijasta kolmeen jaksoon. Lisäksi säilörehuksi korjattavan viljakasvuston kehitys ja vanhentuminen on hitaampaa kuin nurmella, mikä edelleen tuo lisää joustavuutta korjuun järjestämiseen ja ajoittamiseen. Kokoviljasäilörehun avulla voidaan täten tasoiittaa merkittävästi kasvukauden työnmenekkiä. Tällöin tarve käyttää tilán ulkopuolista työvoimaa vähenee ja tilán oman työvoiman käyttöä voidaan tehostaa kokoviljasäilörehun korjuu-aikaan, koska karjatilalla ei silloin ole muita merkittäviä työhuippuja. Kokoviljasäilörehun korjuu ei myöskään osu samaan aikaan kuin tilalla mahdollisesti tehtävä viljan korjuun.

Säilörehun korjuuta tekevien urakoitsijoiden kannalta kokoviljasäilörehun yleistyminen nurmea korvaamaan näyttää myös edulliselta. Kolmannen korjuuajan johdosta urakoitsijoiden kapasiteetti riittää paremmin nurmien korjuu-aikoina, koska korjuuseen sopiva aika kasvaa vastaavasti. Tämä saattaa parantaa urakoitsijoiden korjuukaluston käyttöastetta ja työn kannattavuutta. Urakoitsijoiden palveluja käyttävien viljelijöiden kannalta tämä tuo lisää varmuutta, kun urakoitsijoiden palvelukapasiteetti riittävyys paranee.

## 6.4 Kokoviljasäilörehun viljely antaa lisää mahdollisuuksia karjanlannan käsittelyyn

Rehun tuotannon ohella karjanlannan sijoittaminen peltoon on keskeinen maitotilojen tuotannon suunnittelua rajoittava tekijä. Lietelantajärjestelmässä vaihtoehtoja on enemmän kuin kuivalantajärjestelmässä, jossa kaikki lanta on

kyettävä sijoittamaan nurmirikkoon tai muuhun avoimeen peltoon. Lietelantajärjestelmää käytettäessä voidaan lietettä tietyn edellytyksin levittää myös nurmelle letku- tai sijoitusmenetelmällä. Kuivalantatiloilla kokoviljan korjuu antaa lisää pelivaraa karjanlannan käsittelyyn. Edullisin lannan levitysajankohta on syksy, jolloin se voidaan mullata kynnökseen. Myös tilan työnkäytön kannalta syksy on kevättä parempi levitysajankohta. Samoin etenkin alkusyksystä maan ollessa kuivaa, tiivistymisriski on merkittävästi pienempi kuin keväällä. Ravinneepestöjen välttämiseksi ko. alueille pitäisi kuitenkin kylvää syysviljaa

Lannan sijoittamisesta tulee erityinen ongelma silloin, kun tilan peltoala suhteessa eläinyksiköihin on pieni. Pelkkää nurmisäilörehua viljeltäessä joudutaan tällöin suuri osa peltoalasta pitämään nurmen tuotannossa. Tällöin vuositain uudistettava nurmiala ei välttämättä riitä ottamaan vastaan kaikkea karjanlantaa tai lantaa joudutaan antamaan ylisuuria määriä. Tässä tilanteessa ongelmaksi saattavat muodostua ravinneepestöt ja lakoviljan johdosta myös nurmien uudistaminen, joka yleensä tapahtuu suojaviljan avulla. Nurmien pitäminen tuottavina vaatii niiden riittävän tiheää uudistamista eli suojakasvina toimivan rehuviljan viljelyä, mutta toisaalta riittävän säilörehusadon korjaamiseksi rehuvilja-alaa ei peltoalan niukentuessa voidakaan kasvattaa. Mikäli nurmien uudistusala korjataan rehuviljan sijasta kokoviljasäilörehua, voidaan varmistaa riittävä uudistusala eikä lannan sijoittamista ja nurmien uudistamista varten tarvitse tinkiä karkearehujen kokonaissadosta.

## **6.5 Kokoviljasäilörehun viljelyssä on mahdollisuus vaikuttaa korjattavan rehun laatuun**

Viljan korjuu kokoviljana antaa joustavat mahdollisuudet määrittää korjattavan sadon laatu sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Etenkin suoraan leikkaavilla ja kuormaavilla menetelmillä voidaan valita melko vapaasti, mikä osa kasvustosta korjataan mihinkin tarkoitukseen. Korjuussa leikkuukorkeuden ts. tähkä-olkisuhteen avulla voidaan säätää rehun väkevyyttä. Kasvustoa voidaan korjata kahdella eri korjuukerralla, ensin tähkät ja haluttu määrä olkea rehuksi ja toisella kertaa pystyyn jäänyt pitkä sänki kuivikkeeksi. Ääritapaus tässä olisi riipijäpöydän käyttö, jolloin ensimmäisellä kerralla korjattaisiin pelkästään tähkät ja toisella kerralla koko olkisato. Pystyssä oleva olki kuivaa todennäköisesti myös paremmin kuin maassa puinnissa syntyvä karho, jolloin tällä menetelmällä saadaan ilmeisesti ladultaan normaalia parempaa kuivikeolkea. Tätä asiaa ei kuitenkaan ollut mahdollista testata tässä tutkimuksessa. Lisäksi riipijäpöytiä on Suomessa tällä hetkellä vain muutama kappale, joten tämä menetelmä ei voi ainakaan lähiaikoina yleistyä merkittävästi.

## 6.6 Pienimmät korjuutappiot suoraan niittoon perustuvissa menetelmissä

Suoraan kasvustoa korjaavilla menetelmillä päästään selvästi pienimpiin korjuutappioihin kuin erilliseen niittoon ja etenkin erilliseen karhojen yhdistämiseen perustuvissa menetelmissä. Käytännössä myös vain suoraan leikkaavissa menetelmissä voidaan leikkuukorkeutta ja siten rehun laatua säätää kohtalaiseen vapaasti. Karholta korjaavissa menetelmissä ongelmana on erillinen niitovaihe. Säilörehun niittolaitteisiin on yhdistetty yleensä murskaus. Täten niiden käyttö kokoviljan korjuussa lisää erityisesti rehun arvokkaimman osan, jyvien ja tähkien, tappioita. Paalausmenetelmät edellyttävät karhotusta, joka myös aiheuttaa tappioita eikä se onnistu lainkaan pitkässä sängessä. Näissä menetelmissä mahdollisuudet vaikuttaa leikkuukorkeuden avulla rehun laatuun ovat hyvin pienet. Lisäksi erityisesti karhotus lisää riskiä siihen, että multaa tulee rehun joukkoon.

Niittolaitteen kehittäminen joko kytkettynä paalainyhdistelmään tai erillisen niittolaitteen kehittäminen modifioimalla nykyisiä koneita olisi ratkaisu tappioiden vähentämiseksi. Muutamia tällaisia ratkaisuja on jo markkinoilla, mutta niiden soveltuvuutta ei päästy kokeilemaan tässä tutkimuksessa. Kentäkokeissa havaittiin sadon kokonaismäärän, koneiden säätöjen ja ajotekniikan vaikuttavan selvästi tappioihin.

Pienimpiin korjuutappioihin päästään menetelmillä, jotka eivät silppua satoa pellolla. Silppuaminen etenkin sekalaisessa kasvustossa, jossa sato on valmistunut epätasaisesti, lisää satotappioita yleensä eniten pisimmälle tuleentuneessa kasvuston osassa. Toisaalta silppuamisesta on selvää hyötyä rehun tilavuuspainon nostamiseksi ja tiivistämiseksi ja siten säilönnän onnistumisen varmistamiseksi. Silppuamista ei kuitenkaan tarvitse välttämättä tehdä pellolla. Muissa kuin paalausmenetelmissä silppuaminen voidaan teknisesti tehdä myös siinä vaiheessa, kun rehu siirretään varastoon, mutta tällaisia laitteita ei tiloilla yleensä ole.

Korjuu irtotavarana etenkin lyhyillä kuljetusetäisyyksillä on edullisempaa kuin paalaaminen. Jos kuljetusetäisyys kasvaa hajallaan olevien lohkojen vuoksi, lähenee irtotavaran korjuukustannus paalausmenetelmän kustannusta. Paalaaminen voi kuitenkin olla edullisin menetelmä pienille rehumäärille etenkin silloin, kun erilaatuiset rehuerät halutaan varastoida erillään.

Kun kokoviljasäilörehun ala kasvaa, tehokkaat koneet kuten, niittopäällä varustettu tarkkuussilppuri ja ajettavat tarkkuussilppurit ovat kustannuksiltaan hyvin kilpailukykyisiä korjuumenetelmiä. Kun korjattava ala kasvaa, myöskin paaliin käärittävän rehun korjuukustannus alenee. Paalusetju ei kuitenkaan ole taloudellinen yhden tilan koneketjuksi. Suurilla korjuualoilla haasteeksi kaikilla ketjuilla tulevat lähinnä kuljetus ja varastointi. Etenkin

tehokkailla suoraan niittävillä silppuriketjuilla korjuukoneen toiminta täydellä teholla edellyttää tehokasta kuljetuskalustoa ja tehokasta menetelmää siirtämään rehu siiloon tai aumaan.

## **6.7 Paalaamaton rehu on yleensä paalattua edullisempaa**

Kokoviljasäilörehun korjuu irtotavarana antaa parhaat mahdollisuudet päästä ruokinnassa eroon käsityöstä. Vaikka paalausmenetelmässä on omat etunsa, mm. joustavuus pienten laadultaan erilaisten rehuerien varastoinnissa, joudutaan muovi poistamaan paaleista aina ennen ruokintaa, se tehdään toistaiseksi käsin. Sen lisäksi paalia joudutaan käsittelemään jollain tavalla ruokinnan helpottamiseksi. Irtotavarana korjattu sato voidaan tarvittaessa käsitellä täysin koneellisesti ja jopa automaattisesti ruokintapöydälle saakka, mikä on syytä ottaa huomioon korjuumenetelmää valittaessa. Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun suunnitellaan uusia investointeja rehunkorjuu- ja ruokintamenetelmiin.

Eri korjuumenetelmien kustannuksia vertailtaessa voidaan todeta, että kokoviljasäilörehu on kalliimpaa paalattuna kuin irtotavarana. Kokoviljan korjuun kustannukset ovat samalla tasolla kuin nurmen korjuun kustannukset. Kun rehu paalataan, kustannukset ovat molemmilla rehuilla suunnilleen muovikustannuksen verran kalliimmat kuin irtotavaralla. Rehun paalaaminen on kuitenkin tietyissä tapauksissa perusteltua, kuten silloin, kun halutaan markkinakelpoista satoa tai pellot ovat etäällä, jolloin rehun kuljettaminen korjuuaikana veisi liikaa aikaa, tai pienet erilaatuiset erät halutaan pitää erillään.

## **6.8 Olkien saatavuus kokoviljasäilörehun sivutuotteena**

Tässä tutkimushankkeessa oli alun perin yhtenä tavoitteena selvittää mahdollisuuksia viljakasvuston fraktiointiin rehuksi ja non-food -käyttöön. Mikäli tällaiseen fraktiointiin on tarvetta, se on järkevää tehdä jo korjuun yhteydessä. Korjatun sadon fraktiointia on tosin tehty kokeiluluontoisesti, mutta käytännön mittakaavassa se ei ole yleensä osoittautunut olosuhteissamme kannattavaksi. Mikäli tilalla tarvitaan olkea esim. kuivikkeeksi tai energian tuotantoon, antaa kokoviljasäilörehu tähän mahdollisuuksia. Suoraan niittävissä korjuumenetelmissä viljakasvusto voidaan korjata haluttuun sängin pituuteen säilörehuksi, ja jättää tarpeen mukaan osa korresta pystyyn odottamaan korjuuta muuta käyttöä varten. Tällöin voidaan leikkuukorkeutta muuttamalla säädellä rehuksi korjattavan kasvuston osan väkevyyttä sekä olkimassan määrää tarpeen mukaan. Olki voidaan korjata säiden sekä työvoiman käytön kannalta parhaana ajankohtana, usein ennen puintiaikaa alkusyksyn kuivien sääolojen vallitessa. Samalla minimoidaan uudistettavan nurmen talleamisvau-



riot. Eräänlaisena ääritilanteena voidaan pitää sitä, että viljan tähkät kerätään riipijätyypisellä korjuulaitteella ja säilötään tuoreviljan tapaan. Tällöin koko olkimassa kerätään eri työvaiheena muuta käyttöä varten.

## 6.9 Loppuyhteenveto

Suomen olosuhteissa auringon säteilyenergian määrä on tärkein kasvintuotantoa rajoittava tekijä. Tällöin on edullista viljellä kasveja, jotka voivat käyttää hyödykseen säteilyenergian mahdollisimman aikaisin keväällä. Meidän lyhyen kasvukauden olosuhteissamme nurmi ja syysviljat ovat tehokkaimpia auringon säteilyenergian hyödyntäjiä. Ne pystyvät myös parhaiten hyödyntämään alkukevään kasvuolosuhteet. Kevätviljojen viljelyssä maaperän kevätkosteuden ja alkukesän lämmön hyödyntäminen on selvästi heikompaa kuin nurmen tai syysviljojen viljelyssä. Täten siirtyminen nurmesta käyttämään kevätiljoista valmistettavaa kokoviljasäilörehua ei voi olla pitkällä aikavälillä strategisesti oikea ratkaisu. Märehtijöiden ravitsemusfysiologian kannalta runsas nurmirehun käyttö on perusteltua. Edellä esitellyissä johtopäätöksissä tuodaan kuitenkin esille useita seikkoja, joiden vuoksi kokoviljasäilörehun sisällyttämistä nautakarjatilan tuotannonhaarojen joukkoon kannattaa tilan toimintoja suunniteltaessa harkita vakavasti ainakin lyhyellä ja keskipitkällä suunnitteluajavälillä. Tuotannon suunnittelun joustavuuden lisäämiseksi tietty määrä kokoviljasäilörehua näyttää perustellulta myös pitkän aikavälin ratkaisuna.

Kokoviljasäilörehu viljely näyttää olevan hyvä lyhyen aikavälin toimintastrategia erityisesti sellaisille maitotiloille, jotka ovat laajentamassa tuotantoaan huomattavasti. Tämän hetkisten hintasuhteiden vallitessa laajentavien tilojen kannattaa suunnitella lehmien ruokinta entistä enemmän ostettuun väkirehuun perustuvaksi. Kokoviljasäilörehun avulla voidaan tällaiseen ratkaisuun päätyvillä tiloilla joustavasti hoitaa karjanlannan sijoittaminen ja nurmien uudistaminen.

## 7 Kirjallisuus

- Aaltonen, J., Järvenpää, M., Klemola, E. & Laurila, I. P. 1999. Viljan korjuu-, kuivaus- ja logistiikkakustannukset Suomessa. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen selvityksiä 2: 1-22.
- Ala-Mantila, O. & Riepponen, L. 1998. Maatalouden tuotantokustannukset Suomessa. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 222: 1-120.
- Alaspää, M. 1986. Effect of treatment with urea or a urea + ureaphosphate mixture on the nutritive value of whole crop silage. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 99-103.
- Chiquette, J., Savoie, P. & Lirette, A. 1994. Effects of maceration at mowing on digestibility and ruminal fermentation of timothy hay in steers. *Canadian Journal of Animal Science* 74: 235-242.
- Doll, J. P., & Orazem, F. 1984. *Production Economics. Theory with Applications*. 2nd. ed. 470 p.
- Farmers Weekly, 2000. Bale/wrap all in one. December 22. p.61.
- Heikkilä, T., Jaakkola, S., Joki-Tokola, E., Lampinen, K., Nousiainen, J., Saarisalo, E. & Turunen, H. 2003. Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan no 10, 64 s.
- Hristov, A.N. & McAllister, T.A. 2002. Effect of inoculants on whole-crop barley silage fermentation and dry matter disappearance in situ. *Journal of Animal Science* 80: 510-516.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T. 2001. Whole-crop barley silage for dairy cows. In: *Production and utilization of silage, with emphasis on new techniques: NJF seminar no 326, Lillehammer 27.-28. September 2001*. pp. 69-74.
- Jaakkola, S., Heikkilä, T., Saarisalo, E. & Huhtanen, P. 2002a. Kokoviljasäilörehun soveltuvuus lehmien ruokintaan. Teoksessa: Saarisalo, E. & Topi-Hulmi, M. (toim.). *Rehuvaihtoehtoja nautakarjailoille: seminaari Jokioinen 29.4.2002*. Suomen Nurmihdistys, julkaisu nro 18: 31-43.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E., Heikkilä, T. & Huhtanen, P. 2002b. Ohra ja kevätvehnä kokoviljasäilörehuna lypsylehmien ruokinnassa. Teoksessa: Rinne, M. (toim.). *Maataloustieteen Päivät 2002: Kotieläintiede, 9.-10.1.2002 Viikki, Helsinki*. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 977:151-155.
- Joki-Tokola, E., Huuskonen, A. & Huttu, S. 2001. Ohra- ja vehnäkokoviljasäilörehut kasvavien sonnien ruokinnassa. Teoksessa: Manninen, M. (toim.).

- Hyvinvoivat naudat puhtaassa ympäristössä. Loppuraportti. MTT 2001, pp. 88-90.
- Joki-Tokola, E., Huuskonen, A. & Kiljala, J. 2002a. Ruisvirna kasvavien sonnien kokoviljasäilörehuruokinnassa. Teoksessa: Saarisalo, E. & Topi-Hulmi, M. (toim.). Rehuvaihtoehtoja nautakarjatilaille: seminaari Jokioinen 29.4.2002. Suomen Nurmiyhdistys, julkaisu nro 18: 87-93.
- Joki-Tokola, E., Huuskonen, A. Huttu, S. & Kiljala, J. 2002b. Rehuvirna lihanautojen kokoviljasäilörehuruokinnassa. Teoksessa: Rinne, M. (toim.). Maataloustieteen päivät 2002: kotieläintiede. 9.-10.1.2002. Helsinki. Maa-seutukeskusten liiton julkaisuja no 977: 196-199.
- Järveläinen, V-P, Ollonqvist, P., Ryhänen, M. & Ylätaalo, M. 1997. Metsä maatilataloudessa - yhteissuunnittelun ongelmia ja haasteita. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 4: 525-536.
- Klemola, E., Pihamaa, P. & Heikkilä, A-M. 2000. Laajentavan lypsykarjatilán tuotannon ja työnkäytön suunnittelu. Työtehoseuran julkaisuja 375. Helsinki. 88 s.
- Kommeri, M. & Kontturi, M. 1981. Kokoviljasäilörehun sadot, säilöntä ja rehuarvo. Maatalouden tutkimuskeskus. Kotieläinhoidon tutkimuslaitoksen tiedote n:o 15: 1-28.
- Laaksonen, K. 1999. Urakointihinnat ja konetyön kustannukset. Työtehoseuran maataloustiedote 507. 8 s.
- Laine, A. 1995. Säilörehun korjuukapasiteetin taloudellinen mitoitus. Työtehoseuran maataloustiedote 8/1995 (460). Huhmari. 8 s.
- Maaseutukeskusten liitto 1996. Säilörehua kokoviljasta. Tieto tuottamaan 73. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja no 902. Helsinki. 62 s.
- Madsen, N.P. 2000. Ribbehost af korn og froafgroder i Danmark. 10 års undersogelser og udvikling. DJF rapport Markbrug nr.21. p. 25.
- Meeske, R., Merve, G.D. van der, Greyling, J.F. & Cruywagen, C.W. 2002. The effect of adding an enzyme containing lactic acid bacterial inoculant to big round bale oat silage on intake, milk production and milk composition of Jersey cows. *Animal Feed Science and Technology* 97: 159-167.
- MMM 2002. <http://www.finlex.fi/pdf/normit/8672-01099fil.pdf> 10.10.2002.
- Nia, S.A.M. & Wittenberg, K.M. 1999. Use of forage inoculants with or without enzymes to improve preservation and quality of whole crop barley forage ensiled as large bales. *Canadian Journal of Animal Science* 79: 525-532.
- Palva, R. 2002. Rehuviljan tuoresäilöntä kiinnostaa. *Teho* 5/2001. p. 26-28.

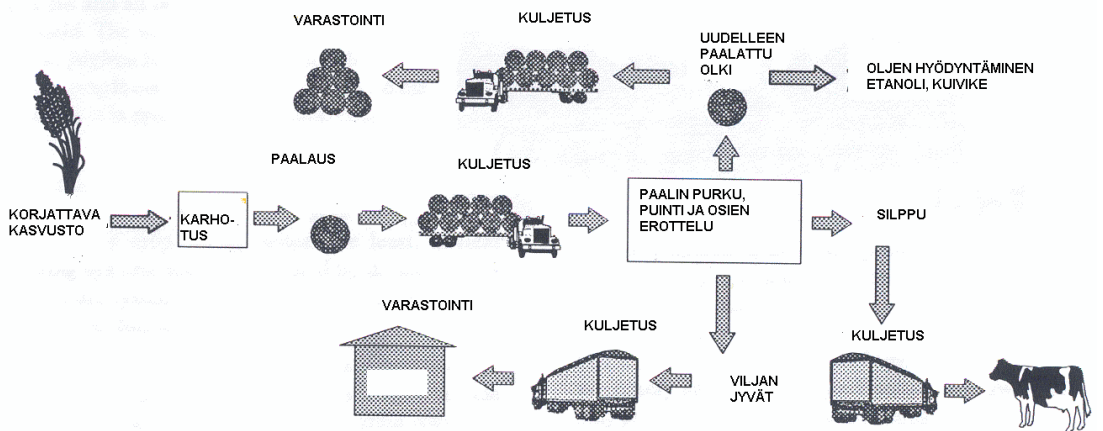
- PAMI. 1998. Modelling and comparing Whole Crop Harvesting Systems. PAMI Research Update 739. Canada: Prairie agricultural machinery institute. 8 p.
- Peltonen, M. & Vanhala, A. 1992. Maatalouden työnormit. Kasvintuotannon yleiset työt. Työtehoseuran maataloustiedote 14/1992 (421). Huhmari. 8 s.
- Peltonen, M. 1994. Säilörehunkorjuun työketjut. Korjuumenetelmät ja –kustannukset. Työtehoseuran maataloustiedote 10/1994 (447). Huhmari. 5 s.
- Pentti, S. 2003. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. Työtehoseuran maataloustiedote 7/2003. Huhmari.
- Pursiainen, P., Tuori, M., Jaakkola, S. & Syrjälä-Qvist, L.. 2001. Different formic acid levels in ensiling of whole crop barley and wheat. In: Production and utilization of silage, with emphasis on new techniques. NJF seminar no 326, Lillehammer 27.-28. September 2001. pp. 111-115.
- Pursiainen, P., Tuori, M. Jaakkola, S. & Syrjälä -Qvist, L. 2002a. Muurahais-happo kokoviljaohran ja -vehnän säilönnässä. Teoksessa: Rinne, M. (toim.). Maataloustieteen päivät 2002: kotieläintiede. 9.-10.1.2002 Helsinki. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 977: 156-159.
- Ryhänen, M., Ryyänen, V. & Seppälä, E. 1996. Maatilan tuotannon suunnittelu ja kehittäminen. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, oppikirjoja nro 2: 1-81.
- Savoie, P., Asselin, N., Lajoie, J. & Tremblay, D. 1997. Evaluation of intensive forage conditioning with a modified disk mower. Applied Engineering in Agriculture 13: 709-714.
- Schick, M. & Stark, R. 2002. Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufut-terernt. FAT Berichte. Nr 588/2002. p. 12.
- Seppälä, R., Ryhänen, M., Sipiläinen, T., Rinne, M., Huhtanen, P. & Suokan-nas, A. 2002. Säilörehu maatilan taloudessa - pitkän aikavälin näkökulma. Teoksessa: Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. (toim.) Nurmisäilörehu maatilan taloudessa. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, julkaisu nro 35: 5-54.
- Shinners, K.J., Koegel, R.G. & Straub, R.J. 1987. Drying rates of macerated alfalfa mats. Trans. ASAE (Am.Soc.Agric.Eng.) 30:909-912.
- Sipilä, I. & Pehkonen, A. (toim.) 1998. Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö, MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995 - 1997 loppuraportti. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 87: 1-156.

- Sundberg, M. & Olsson, C. 1998. Skörd och ensilering av helsäd. Teknik för lantbruket. Nr 71. Uppsala. p. 15.
- Suwarno, Wittenberg, K.M. & McCaughey, W.P. 1999. Comparative characteristics during wilting for alfalfa conditioned by maceration or by a conventional roller-conditioner. Canadian Journal of Animal Science 79: 509-517.
- Top Agrar 2000. Mais in Ballen. Top Agrar 2000 vol 12 p. 23.
- Turkki, A. 2000. Liikkeenjohtamisen merkitys maitotiloilla. Teoksessa: Maataloustieteen päivät 2000, Talous ja teknologia. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 94: 161-171.
- Turunen, H. 1999. Kokoviljasäilörehu osana nurmituotantoon liittyviä suunnitelmia. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen selvityksiä 12/1999: 24-35.
- Turunen, H. 2000. Kokoviljasäilöhun viljelyn tuotantokustannukset ja kannattavuus maidontuotannossa. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen selvityksiä 6/2000: 1-55.
- Vanhatalo, A., Jaakkola, S., Rauramaa, A., Nousiainen, J. & Tommila, A. 1999. Additives in ensiling whole crop barley. The XIIth International Silage Conference, Uppsala, Sweden. pp. 121-122.

## 8 Liitteet

### Liite 1.

Pohjois- Amerikkalainen kokoviljankorjuu (PAMI 1998). Viljaa ei puida pellolla vaan kasvusto niitetään karholla ja paalataan. Paalit kuljetetaan muualle puitavaksi. Paali puretaan ja siitä erotellaan fraktiot käyttötarkoituksen mukaan.



## **Maa- ja elintarviketalous –sarjan Teknologia-teeman julkaisuja**

- 40** Kokoviljasäilörehu viljatilalla. *Suokannas ym.*, 76 s. 1 liite.
- 39** Occupational Accidents in Finnish Agriculture - Causality and Managerial Aspects for Prevention. *Suutarinen*. 75 s. 5 appendices.
- 31** Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. *Suomi ym.* 100 s., 1 liite.
- 21** Luomusikala Suomen olosuhteissa. *Kivinen*. 78 s.
- 18** Ajettavien työkoneiden kulkuteiden turvallisuus II. *Suutarinen ym.* 69 s., 2 liitettä.
- 6** Työsuojelupanostuksen kannattavuus maataloudessa. *Suutarinen ym.* 80 s., 5 liitettä.
- 4** Digitaalikuvausten ja vesiherkän paperin käyttö perunan ruiskutus-tutkimuksessa. *Suomi & Haapala*. 70 s., 5 liitettä.

