

*Maatalouden  
tutkimuskeskuksen  
julkaisuja*

S A R J A A

4

*Mika Hemming  
Tarmo Maunu  
Antti Suokannas  
Markku Järvenpää  
Aarne Pehkonen*

**Agrokuidun tuotanto ja  
käyttö Suomessa**

Tutkimuksen loppuraportti, II osa

Ruokohelven korjuu, varastointi ja  
mekaaninen esikäsittely sekä  
tuotantokustannukset ja saatavuus

*Mika Hemming, Tarmo Maunu, Antti Suokannas,  
Markku Järvenpää ja Aarne Pehkonen*

---

# **Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa**

**Tutkimuksen loppuraportti, II osa**

**Ruokohelven korjuu, varastointi ja mekaaninen esikäsittely  
sekä tuotantokustannukset ja saatavuus**

## **Production and use of agrofibre in Finland**

**Final report of the study, II part**

**Harvesting, storage, mechanical pretreatment, production  
costs and availability of reed canary grass**

---

**Maatalouden tutkimuskeskus**

ISBN 951-729-467-0

ISSN 1238-9935

*Copyright*

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT) 1996

*Julkaisija*

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT), 31600 Jokioinen

*Jakelu ja myynti*

MTT, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puh. (916) 41 881, telekopio (916) 418 8339

Sisäsivujen painopaperina käytetylle G-Printille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.

<sup>1)</sup> Maa- ja kotitalousteknologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

<sup>2)</sup> Työteho-seura ry. Maatalousosasto PL 13, 05201 Rajamäki

<sup>3)</sup> Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimuslaitos, Vakolantie 55, 03400 Vihti

# Tiivistelmä

*Avainsanat: vaihtoehtotuotanto, ruokohelpi, ruokonata, korjuutekniikka, paalaus, työnmenekki*

"Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa" -tutkimushankkeen maatalousteknologisessa osatutkimuksessa selvitettiin heinäkasvien, etenkin ruokohelven, korjuuseen, varastointiin ja mekaaniseen jakeistamiseen soveltuvaa tekniikkaa. Perinteisten, jo vakiintuneiden, maataloudessa laajassa käytössä olevien korjuumenetelmien soveltuvuus kevätkorjuuseen oli keskeinen tutkimuskohde. Mekaanisen esikäsitteilyn osalta kyseessä oli kehitystyö. Jakeistamisen vaikutukset kustannuksiin selvitettiin alustavassa laskelmassa. Tuotantokustannuslaskelmat kattoivat koko alkutuotannon nurmien perustamisesta tehtaan portille. Saatavuus selvitettiin laajalla viljelijöille lähetetyllä kyselyllä.

Kivennäispitoisuudeltaan ja keittyvyydeltään kevätkorjattu ruokohelpi on kasvuston vanhetessa selvästi parempaa raaka-ainetta kuin syyskorjattu. Tehtyjen seosarkkien perusteella kevätkorjatusta kasvimateriaalista on poistettava lehdet, jotta saavutetaan koivusellusta tehtyjen arkkien ominaisuudet ilmanläpäisevyydessä ja suotautuvuudessa.

Tehtyjen tutkimuksen perusteella laadukkaana raaka-aineen tuottaminen teolli-

suuden tarpeisiin onnistuu nykyisin käytössä olevilla menetelmillä, mikäli niitä käytettäessä kiinnitetään huomiota kasvuston korjuukosteuteen ja varastointiloihin. Hyvissä olosuhteissa korjuutappiot jäävät 15 prosenttiin, mikä tarkoittaa noin 6 000 kg kuiva-ainesta hehtaarilta hyvästä kasvustosta. Paalattu materiaali on varastoitavissa noin 2 % tappioiden laadultaan käyttökelpoisena yksinkertaisissa ja edullisissa, peitettyissä ulkoauomoissa.

Taloudelliselta kannalta ruokohelven tuotanto on kilpailukykyinen vaihtoehto rehuohralle, mikäli ruokohelvestä saadaan noin 40 p/kg tehtaalle toimitettuna. Kyseinen hinta kattaa muuttuvat kustannukset, työkustannukset, koneiden kiinteät kustannukset ja kuljetuksen sekä osittain maapohjan tuottovaatimuksen. Tehdyn viljelijäkyselyn perusteella voidaan olettaa mahdollisten jalostuspaikkojen ympäriltä myös löytyvän riittävästi peltoalaa jatkuvan raaka-ainehuollon varmistamiseen. Tuotannon laajentumiselle käytännön mitatakaavaan ei siten ole teknisiä tai taloudellisia esteitä maatalousteknologisesta näkökulmasta.



## Abstract

---

*Key words: alternative production, reed canary grass (Phalaris arundinacea), Festuca arundinacea, chemical composition, harvesting technique, baling, storage, pretreatment, production costs, labour, availability*

---

An agrotechnological investigation into a technique suitable for the harvesting, storage and mechanical division of grasses, reed canary grass (*Phalaris arundinacea*) in particular, was conducted as part of the research project 'Production and use of Agrofibres in Finland'. The investigation focused on the suitability of traditional, long established methods already widely used in agriculture for the spring harvest of grasses. The development of mechanical pretreatment was studied. A preliminary assessment was made of the contribution of plant division to costs. Production cost calculations covered all primary production from the establishing of leys to transport to the factory. Availability was studied through a detailed questionnaire sent to farmers.

In terms of mineral content and cookability, reed canary grass harvested in spring makes a much better raw material as it ages than a crop harvested in autumn. The mixed-compound laboratory handsheets made indicate that the leaves should be removed from plants harvested in spring to attain the air permeability and drainability

properties of birch pulp sheets.

The investigation showed that good-quality raw material can be produced for the needs of industry with methods currently in use if attention is paid to the moisture of the plant stand at harvesting and to storage conditions. Under good conditions, harvesting losses would be under 15%, which amounts to a dry matter yield of 6000 kg/ha from a healthy plant stand. Simple, covered, outdoor stacks provide practical, low-cost storage for baled material, with a loss of around 2%.

Production of reed canary grass is a cost-efficient, competitive alternative to fodder barley if the price of the grass delivered to the factory is about 40 p/kg. This price covers variable costs, labour costs, fixed costs of machinery, transport and, to some extent, the yield requirement on the soil. The replies to the questionnaire suggest that there is sufficient arable land in the vicinity of potential refining facilities to secure the continuous production of raw material. Agrotechnologically speaking, there are then no technical or financial barriers to full-scale production.

# Alkusanat

Tämä tutkimus on maatalousteknologinen osa Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinviljelyn tutkimusalan koordinoimaa ”Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa” -tutkimushanketta. Koko hankkeen on rahoittanut maa- ja metsätalousministeriö. Osahankkeen tutkimuksesta ovat vastanneet Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitos (HY/MMTEK), Maatalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian tutkimuslaitos (MTT VAKOLA) sekä Työtehoseura ry. (TTS).

Osahankkeessa tehtävät jakautuivat eri tutkimuslaitosten kesken siten, että Työtehoseura ry. selvitti ruokohelven tuotantokustannukset ja saatavuuden ja HY/MMTEK ja MTT VAKOLA suorittivat yhdessä pääosan korjuuteknisistä kekeistä. HY/MMTEK vastasi esikäsittelytekniikan laatuanalyysien hankinnasta ja esikäsittelykokeista sekä pilottikokeessa käytetyn laitteiston suunnittelusta. Pilottikokeeseen liittynyt jakeistaminen tehtiin yhteistyössä em laitoksen ja MTT VAKOLAn kesken. Osahanketta koordinoi HY/MMTEK.

Allekirjoittaneet haluavat esittää kiitokset koko tutkimushanketta koordinoineelle professori Timo Melalle MTT:n

kasvinviljelyn tutkimusalalta. Lisäksi kiitämme tutkija Katri Pahkalaa Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinviljelyltä hänen panoksestaan kivennäisanalyyseissä. Sellun keiton ja paperin valmistuksen sekä niihin liittyvien laatuanalyysien osalta kiitämme DI Ursula Klemettiä ja erikoislaboratoriomestari Ritva Mäkistä sekä tulosten tulokinnassa avustanutta TkT Leena Paavilaista JAAKKO PÖYRY Oy:stä.

Käytännön kokeiden osalta haluamme kiittää Viikin opetus- ja koetilan henkilökuntaa, erityisesti työnjohtaja Matti Viskaria sekä MTT VAKOLAn henkilökuntaa, erityisesti Jouko Hämäläistä. Kiitokset Junkkari Oy:lle, erityisesti Tapio Tarkkiselälle, kärsivällisestä ja yhteistyöhaluisesta suhtautumisesta koneiden kehittämiseen ja lainaamiseen.

Kiitämme hankkeessa työskennelleitä tutkimusapulaisia, maat. ja metsät. yo. Harri Jallia, maat. ja metsät. yo. Ismo Vanhalaa, maat. ja metsät. yo. Matti Kalliota, MMM Jaakko Järveä ja MMM Antti Pasilaa lukuisista hyvistä käytännön työjärjestelyjä koskevista ideoista sekä erinomaisen omistautuneesta työpanoksesta tulosten saavuttamiseksi.

Helsingissä

*Mika Hemming  
Tarmo Maunu  
Antti Suokannas  
Markku Järvenpää  
Aarne Pehkonen*

# Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat .....	5
1 Johdanto .....	11
2 Kokeellisen osan menetelmät .....	12
2.1 Laboratorioanalyysit.....	12
2.1.1 Kivennäisanalyysit .....	12
2.1.2 Mikrobiologinen laatu .....	13
2.1.3 Keittyvyys ja massan ominaisuudet .....	13
2.1.4 Paperitekniset kokeet .....	14
2.1.5 Tuhkan sulamispistemääritykset .....	14
2.2 Tilastolliset menetelmät .....	14
3 Kasveista tehdyt perusmääritykset .....	15
3.1 Esikokeet ruokonadalla.....	15
3.2 Syyskorjattu ruokohelpi .....	16
3.3 Kevätkorjattu ruokohelpi .....	20
3.4 Yhteenvedo laatumäärityksistä .....	24
4 Korjuutekniikka .....	26
4.1 Syyskorjuukokeet .....	26
4.1.1 Vihdin kokeet 1993 .....	27
4.1.2 Viikin kokeet 1993.....	30
4.1.3 Vihdin kokeet 1994 .....	30
4.2 Kevätkorjuukokeet .....	32
4.2.1 Viikin kokeet 1994.....	34
4.2.2 Viikin kokeet 1995.....	36
4.2.3 Vihdin kokeet 1995 .....	39
4.3 Yhteenvedo korjuukokeista.....	45
5 Tilavarastointi.....	47
5.1 Käsittely varastointikelpoiseksi.....	48
5.1.1 Ruokohelven luokokuivaus.....	48
5.1.2 Ruokohelven latokuivaus .....	48
5.1.3 Ruokohelven ureasäilöntä .....	49
5.2 Paalien varastointikokeet .....	50
5.2.1 Esikoe Viikissä .....	50
5.2.2 Varastointikoe Vihdissä .....	50
5.3 Yhteenvedo varastoinnista.....	56

6	Mekaaninen esikäsittely . . . . .	58
6.1	Esikäsittelykokeet . . . . .	58
6.1.1	Kuivafraktiointikokeet Bornholmossa, Tanskassa . . . . .	58
6.1.2	Puimurilla tehtävä esikäsittely . . . . .	59
6.1.3	Erottelu luo'on pöyhinnässä . . . . .	60
6.1.4	Lehtien irrottaminen riipimällä . . . . .	61
6.1.5	Ilmaerottelu -esikokeet ruokonadalla . . . . .	63
6.1.6	Ilmaerottelu -pilottikolaitteisto . . . . .	64
6.2	Taloudelliset perusteet jakeistamiselle . . . . .	65
6.3	Yhteenveto esikäsittelykokeista . . . . .	67
7	Tuotantokustannukset . . . . .	68
7.1	Laskentaperusteet . . . . .	68
7.2	Työmenekit . . . . .	69
7.3	Kevätkorjuun tuotantokustannukset . . . . .	70
7.3.1	Pyöröpaalaus . . . . .	70
7.3.2	Kova- ja kanttipaalaus . . . . .	74
7.4	Syyskorjuu pyöröpaalaimella . . . . .	74
7.5	Viljelijän tulonmuodostus . . . . .	74
7.6	Yhteenveto tuotantokustannuksista . . . . .	77
8	Saatavuusselvitys . . . . .	77
8.1	Kokonaispeltoalat . . . . .	77
8.2	Viljelyhalukkuuskysely . . . . .	78
8.2.1	Aineisto ja menetelmät . . . . .	78
8.2.2	Vastanneiden taustamuuttujat . . . . .	79
8.2.3	Kiinnostus ruokohelven tuotantoon . . . . .	80
8.2.4	Mahdolliset tuotantoalat . . . . .	81
8.2.5	Hintaodotukset . . . . .	82
8.2.6	Myyntitavat ja välivarastointi . . . . .	83
8.2.7	Korjuukapasiteetin riittävyys . . . . .	85
8.3	Korjuuvarmuus ja -potentiaali . . . . .	85
8.3.1	Aineisto ja menetelmät . . . . .	85
8.3.2	Korjuuvarmuus . . . . .	87
8.3.3	Korjuupotentiaali . . . . .	89
8.4	Yhteenveto saatavuudesta . . . . .	89
9	Tulosten tarkastelu . . . . .	90
9.1	Perusmääritykset kasvista . . . . .	90
9.2	Korjuuajankohta, -tekniikka ja -tappiot . . . . .	91
9.3	Varastointikelpoisuus ja varastointi . . . . .	93
9.4	Käsittelyketjun vaikutukset laatuun . . . . .	94
9.5	Mekaaninen esikäsittely . . . . .	95
9.6	Tuotantokustannukset ja saatavuus . . . . .	95
9.7	Loppupäätelmät . . . . .	96
	KIRJALLISUUS . . . . .	97

## LIITTEET

- Liite 1. Tekstissä esiintyvien lyhenteiden ja käsitteiden merkitykset
- Liite 2. Tappioiden erittelyssä käytetyt laskukaavat sekä laskentakaavoissa käytetyt symbolit
- Liite 3. Kenttäkoekartta Vihdin syyskorjuukokeesta 1993.
- Liite 4. Kenttäkoekartta Viikin ruokohelpilohkolta syyskorjuussa 1993
- Liite 5. Koealojen sijoittuminen Vihdissä MTT VAKOLAn pellolla syksyllä 1994 sekä keväällä 1995.
- Liite 6. Ruutujen mitat Vihdin kokeessa keväällä 1995 sekä biologisen sadon määrittämiseen käytetty ala ja paalattu ala.
- Liite 7. Ruutujen mitat Viikin kokeessa keväällä 1995 sekä biologisen sadon määrittämiseen käytetty ala ja paalattu ala
- Liite 8. Tuotantokustannuslaskelmien konetöiden hinnoittelu.
- Liite 9. Syyskesällä pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannuslaskelma.
- Liite 10. Arvio ruokohelvelle maksettavista hehtaarituisista (mk/ha) syksyllä -95.
- Liite 11. Maatilojen lukumäärä ja hallinnassa oleva peltoala viljelijäkyselyn otanta-alueen tiloilla sekä otokseen poimituilla tiloilla.
- Liite 12. Viljelijöille lähetetty kyselylomake ruokohelven tuotantohalukkuuden selvittämiseksi.
- Liite 13. Viljelijäkyselyyn vastanneiden tilojen peltoalaluokat, tuotantosuunnat ja tilan ulkopuolinen työ sekä vastanneiden ikäjakauma.
- Liite 14. Viljelijäkyselyyn vastanneiden tilojen pellon käytön erittely vuonna 1995.
- Liite 15. Viljelijäkyselyyn vastanneiden tilojen koneiden lukumäärät.
- Liite 16. Käytännön kokemuksia puintikokeista Viikissä syksyllä 1993 ja 1994.
- Liite 17. Mikkola, H. & Aho, J. 1995. Ruokohelven leikkuupuinti ja sadon puhdistus. MTT VAKOLA. Kirjallinen tiedonanto.
- Liite 18. Käytännön kokemuksia nurmen perustamisesta Viikissä syksyllä 1994.
- Liite 19. Tutkimuksessa tuotetut julkaisut.

# 1 Johdanto

Teollisuuden raaka-aineeksi menevän non-food tuotteen hinta määräytyy substituutin pohjalta. Etenkin selluntuotannossa heinäkasvien kanssa vastaavat ominaisuudet omaavat raaka-aineet ovat verraten halpoja. Tämä edellyttää tuotantokustannusten alentamista peltobiomassojen osalta. Eräänä mahdollisuutena tähän on tilakohtaisen tuotantoteknologian kehittäminen. Toisena vaihtoehtona on tuotantoyksikkökoon kasvattaminen mm. muutamien tilojen yhteenliittymillä, jolloin konekannan käyttöaste paranee ja tuotantokustannuksetkin laskevat.

Koko käsittelyketju pellolta tehtaalle selvitettiin Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitoksessa (HY/MMTEK) aiemmin raportoidussa kirjallisuuteen perustuvassa esitutkimuksessa (Hemming 1992). Esitutkimuksen teon jälkeen ja tämän tutkimuksen aikana kevätkorjuu on noussut keskeiseksi tutkimuskohteeksi sekä Suomessa että Ruotsissa käynnissä olevissa heinäkasveja koskevilla hankkeissa. Samoin on entistä enemmän huomiota kiinnitetty biomassan jakeistamiseen käyttötarkoituksen mukaisesti jakeisiin. Tuotantokustannusten perusteellinen selvittäminen nurmen perustamisesta korjatun raaka-aineen toimitukseen tehtaan portille on aiemmin ollut eri intressitahojen suorittamien laskelmien varassa, jolloin käsitystä koko ketjun taloudellisuudesta on ollut vaikea muodostaa.

Mikäli tuotanto käynnistyy lähitulevaisuudessa, on sen perustuttava tiloilla jo käytössä olevaan tekniikkaan. Niittotapa riippuu korjuuajankohdasta ja käytettävissä olevasta kalustosta. Niittomurskaimella voidaan muodostaa hyvä luoko paalausta varten ja edistää luonnon tapahtuvaa kuivumista. Heinämassan jatkokäsittelyn kannalta paalainten käyttö on lähes välttämätöntä. Irtoheinän tilavuuspaino on varastoinnin ja kuljetuksen kannalta liian alhainen. Varastoinnin tulee olla mahdollisimman edullista,

jolloin kyseeseen tulee varastointi peitetys-  
sä aumassa.

Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitoksella (HY/MMTEK) suoritettavan tutkimuksen tavoitteena oli selvittää nykyisin käytössä olevien ja lievästi modifioitujen korjuu-, varastointi- ja jakeistamismenetelmien soveltuvuus selluksi ja edelleen hienopaperiksi jalostettavien heinäkasvien korjuuseen, varastointiin ja jakeistamiseen. Tutkimuksessa tuotettiin perustietoa kasvin eri osien laadusta sekä kehitettiin laitteita ja menetelmiä erityisesti selluksi korjattavien heinäkasvien korjuuseen ja niiden jakeistamiseen käyttötarkoitukseen soveltuviksi. Korjuutekniikan yhteistyötahona oli maatalousteknologisten laitosten ohella ylihärmäläinen maatalouskoneita valmistava yritys Junkkari Oy. Laatuanalyysit tilattiin eri tutkimuslaitoksista. Tutkimuksen keskeisiä kysymyksiä olivat:

Mikä on sadon laatu sekä syksyllä että keväällä ?

Kuinka suuret korjuutappiot syntyvät nykyisillä korjuukoneilla ?

Miten korjuutekniikka ja tappiot vaikuttavat sadon laatuun ?

Miten sato on käsiteltävä, jotta se säilyy käyttökelpoisena vuoden ajan ?

Voidaanko nykyisillä korjuukoneilla tai muulla tavoin erotella kasvimassan lehtimäiset ja korsimäiset osat mekaanisesti toisistaan ?

Millaiset vaikutukset mekaanisella jakeistamisella on raaka-aineen laatuun / hintaan ?

Ruokohelven varastointi on olennainen osa agrokuidun tuotantoketjua. Lyhyen korjuujakson seurauksena paaleja on varastoitava useita kuukausia tilalla. Varastoinnissa on määrällisten ja laadullisten tappioiden oltava mahdollisimman pieniä. Samalla on varastointikustannukset pidet-

tävä alhaisina. Taustatietona varastointimenetelmien valinnassa olivat kuivan heinän varastointia ja varastoitavuutta käsittelevät tutkimukset ja käytännön kokemukset. Ruokohelven varastoitavuutta selvitettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian tutkimuslaitos (MTT VAKOLA) toteutetun kokeen avulla, jossa haettiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

Kuinka suuria ovat kuiva-ainetappiot pitkäaikaisessa varastoinnissa?

Miten varastointimenetelmä vaikuttaa ruokohelven ominaisuuksiin?

Millaisia ovat ruokohelven mikrobiologinen laatu ja laadun muutokset pitkäaikaisessa varastoinnissa?

Miten varastointi vaikuttaa keittävyyteen ja massan ominaisuuksiin?

Miten ruokohelvi on varastoitava, jotta se säilyy paperin valmistuksen kannalta käytökelpoisena?

Koko tuotantoketjun kustannuslaskelmat tehtiin Työtehoseura r.y.:ssä. Samoin selvitettiin eri vaihtoehtojen työnmenekit sekä työ- ja laitekustannukset. Tuotantokustannusten muuttuminen parametrejä muutettaessa selvitettiin herkkyysanalyysillä. Ruokohelven tuotantoa verrattiin rehuohran tuottamiseen katetuottoperiaatteella. Saatavuus selvitettiin kolmelle alueelle tehdylle viljelijäkyselyllä. Toimintuvarmuuteen liittyen laskettiin säätiötojen perusteella mahdollisten korjuupäivien lukumäärä eri korjuuajankohtina. Keskeiset selvittävät kysymykset olivat:

Mikä on ruokohelven tuotantokustannus ja sen herkkyys eri parametreille ?

Kykeneekö ruokohelvi kilpailemaan yleisimmän viljan, ohran, kanssa ?

Montako päivää korjuuseen on käytettävissä eri korjuuajankohtina ?



**Kuva 1.** Ylärivillä ovat raportissa esitetyt tuotantoketjun osat, alla keskeiset aihealueet, tekniikka, laatuanalyysit ja talouslaskelmat. Ylärivillä vinoviivottuna liittymäkohdat muihin projektin hankkeisiin.

sä eri korjuuajankohtina ?

Ovatko viljelijät periaatteessa kiinnostuneita ruokohelven viljelystä ?

Tämän raportin sisältö ja liittymäkohdat "Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa" -tutkimushankkeen muihin osahankkeisiin ilmenevät kuvasta 1. Mekaanisella esikäsittelyllä tarkoitetaan tässä yhteydessä ainoastaan raaka-aineen esikäsittelyä ennen keittoa. Vähäisimmälle huomiolle raportissa jää kaukokuljetus eli kuljetus tilalta käyttöpaikalle. Kyseistä tuotantoketjun osaa tarkasteltiin ainoastaan talouslaskelmissa ilman kokeita teknisestä soveltuvuudesta. Keskeiset tekstissä esiintyvät käsitteet on koottu liitteeseen 1.

## 2 Kokeellisen osan menetelmät

### 2.1 Laboratorioanalyysit

#### 2.1.1 Kivennäisanalyysit

Kivennäisanalyysit sekä raakakuitumääritykset tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen keskuslaboratoriossa. Käytetyt analyysimenetelmät olivat yhteneväiset tutkimushankkeen kasvintuotanto-osuuden kanssa. Näytteiden valmistelutyöt, silppuaminen ja jauhatus, tehtiinkin MTT:n kasvinviljelyn tutkimusalalla.



Jauhetut näytteet toimitettiin keskuslaboratorioon. Näytteistä määritettiin ensimmäiseksi kuiva-ainepitoisuus (ka) pitämällä näytettä 2 tuntia 105 °C ja sitten 17 tuntia 60 °C. Raakakuitupitoisuus (% ka:sta) määritettiin neutraloimismenetelmällä. Tyypipitoisuus (% ka:sta) määritettiin Kjeldahl-menetelmällä. Kasvin sisältämät kivennäiset; rauta (Fe, mg/kg ka), mangaani (Mn, mg/kg ka), kupari (Cu, mg/kg ka) ja kalium (K, g/kg ka) määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrillä (FAAS). Kasvissa olleen kuiva-aineen sisältämä tuhkan määrä (% ka:sta) ja silikaatti (SiO<sub>2</sub>, % ka:sta) -pitoisuus määritettiin gravimetrisesti.

### 2.1.2 Mikrobiologinen laatu

Mikrobiologiset laatuanalyysit tehtiin Kuopion aluetyöterveyslaitoksella. Työtä laboratoriossa on tehnyt tutkija Tiina Reponen.

Ruokohelpinäytteestä otettiin 5 gramman osanäyte, joka pilkottiin saksilla n. 2 cm:n pituisiksi pätkiksi. Näytteeseen lisättiin steriiliä vettä. Näytettä sekoitettiin ravistelijassa n. 15 minuuttia mikrobien irrottamiseksi näytteestä pesuliuokseen. Saadusta suspensiosta tehtiin laimennossarja (-1- -6). Jokaisesta laimennoksesta viljeltiin kaksi rinnakkaismaljaa (100 ul/malja) viidelle eri elatusalustalle mesofiilisten bakteereiden, xerofiilisten, mesofiilisten ja termotoleranttien sienten sekä termofiilisten aktinomykeettien esille saamiseksi. Elatusalustat inkuboitiin kunkin mikrobiryhmän optimilämpötilassa. Elatusalustoille syntyneiden pesäkkeiden määrä laskettiin kahdesta sopivimmasta laimennoksesta (pesäkeluku 10–200/malja) kahden rinnakkaismaljan keskiarvona. Sieni- ja aktinomykeettipesäkkeet tyypitettiin valomikroskooppisesti. Tulokset ilmoitetaan kunkin mikrobiryhmän osalta erikseen pesäkkeitä muodostavien yksiköiden määränä heinägrammaa kohti (cfu/g).

### 2.1.3 Keittvyvyys ja massaominaisuudet

Keittokokeet suoritettiin ja massan ominaisuudet selvitettiin Teknillisen korkeakoulun Puunjalostustekniikan laitoksen selluloosatekniikan laboratoriossa. Työtä laboratoriossa ovat tehneet DI Ursula Klemetti ja erik.lab.mest. Ritva Mäkinen.

Keitoissa käytettiin em. laboratorion kuusipaikkaista ilmahaudekeitintä. Kaikissa sooda-antrakinonilla suoritetuissa keitoissa keitto-olot olivat seuraavat:

Kuitumäärä 150 g abs. kuivana  
Neste/kuitu-suhde 5,2:1  
Alkaliannos 14 %  
Antrakinoniannos 0,1 %  
Keittolämpötila 165 °C  
Nostonopeus 20–165 °C n. 70 min  
Keitto-aika 14–15 min  
H-tekijä 250

Vastaavasti kaikissa sulfaattimenetelmällä suoritetuissa keitoissa keitto-olot olivat seuraavat:

Kuitumäärä 150 g abs. kuivana  
Neste/kuitu-suhde 5,2:1  
Alkaliannos 16 % (13 % ureasäilytyllä)  
Sulfiditeetti 38 %  
Keittolämpötila 165 °C  
Nostonopeus 20–165 °C n. 70 min  
Keitto-aika 14–15 min  
H-tekijä 250

Keiton päätyttyä mustalipeästä otettiin näyte, josta määritettiin jäännöslipeän pH. Massat pestiin viirapusseissa diffusööripönteissä kuumalla vedellä 4–5 tuntia, minkä jälkeen ne lingottiin ja homogenoitiin ja niistä määritettiin keiton kokonaissaanto. Lajittelu tehtiin Mänttä-tasolajittimella 0,25 mm rakoseulalla tikkupitoisuuden selvittämiseksi. Muut massan ominaisuudet määritettiin seuraavien standardien mukaisesti:

Kappaluku SCAN-C 1:77  
CED-viskositeetti SCAN-C 15:62  
Shopper-Riegler-luku SCAN-C 19:65  
Hajasiniheijastusluku SCAN-C 11:75  
Kuitupituus Kajaani FS-100

## 2.1.4 Paperitekniset kokeet

Seosarkkien valmistus ja paperitekniset kokeet suoritettiin myös Teknillisen korkeakoulun puunjalostustekniikan laitoksen selluloosatekniiikan laboratoriossa. Työtä laboratoriossa ovat tehneet DI Ursula Klemetti ja erik.lab.mest. Ritva Mäkinen.

Valkaisemattomasta heinämassasta valmistettiin seosarkkeja, joissa toisena kuitukomponenttina oli Valley-jauhettu valkaistu mäntysulfaattimassa. Lisäaineena arkeissa käytettiin FinnMinerals Oy:stä hankittua talkkia (CV-10), jota oli noin 20 %. Referenssiarkeissa heinämassan tilalla oli koivusulfaattimassaa. Puumassat liotettiin vedessä, hajotettiin ja jauhettiin siten, että mäntymassalla saavutettiin vetoindeksitaso n. 70 Nm/g (jauhatusaika 45 min) ja koivumassalla n. 50 Nm/g (jauhatusaika 25 min.).

Seossuhteet, joihin arkeissa pyrittiin olivat:

- mäntymassa 40 %
- koivumassa tai heinämassa 40 %
- talkki 20 %, jonka ka-pitoisuus 65 %, retentio n. 17 %

Massat hajotettiin brittiläisellä märkähajottimella standardin mukaisesti. Massasulput seostettiin ja laimennettiin 2 g/l:ksi. Seostetusta sulpusta määritettiin SR-luku standardin mukaan. Lietetyn talkin lisäyksen jälkeen massasulpusta määritettiin uudestaan SR-luku.

Kymmenen tasapainoarkkia valmistettiin kiertovesiarkkimuotilla, jonka jälkeen 11. arkista määritettiin tuhkapitoisuus VP-20 pikatuhkalaitteella. Tämän jälkeen massasulppu laimennettiin oikeaan neliöpainoonsa (60 g/m<sup>2</sup> abs. kuivana) ja sulpusta tehtiin 13 koearkkia. Lopullinen tuhkapitoisuus määritettiin viimeisestä arkista.

Valmistetuista arkeista määritettiin paperitekniisiä ja optisia ominaisuuksia, kuten tuhkapitoisuus, neliömassa, paksuus/tiheys, repäisyindeksi, vetoindeksi, venymä, ilmanläpäisevyys Gurley-laitteella, kaksoistaittolujuus Frank 955-Schopper-laitteella, ISO-vaaleus, valonsiirontakerroin, valon ab-

sorptiokerroin ja opasiteetti.

Massan ominaisuuksien määrittäykset tehtiin seuraavien standardien mukaisesti:

Massan kuiva-ainepitoisuus SCAN-C 3:78

Massan kylmähajotus SCAN-C 18:65

Massan jauhatus Valley hollanterissa SCAN-C 25:76

Massan Shopper-Riegler-luku SCAN-C 19:65

Arkkien valmistus SCAN-C 26:76

Arkkien tuhkapitoisuuden määrittäys VP-20 laitteella

Arkkien kaksoistaittolujuus Frank 955-Schopper-laitteella

Arkkien testaus SCAN-C 28:76

## 2.1.5 Tuhkan sulamispistemäärittäykset

Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitoksella käsin jakeistetut syys- ja kevätkorjatun ruokohelven botaaniset osat sekä koko kasvi, yhteensä 8 näytettä tuhkattiin ja tuhkan sulamispistemäärittäykset tehtiin Åbo Akademin polttokemian tutkimusryhmän toimesta. Työstä laboratoriossa vastasi Bengt-Johan Skrifvars.

Tuhkatuista näytteistä määritettiin ensisulamispiste DTA/TGA-analysaattorilla. Kaasukehänä analyseissä oli 100-prosenttinen tyypikaasu. Koko kasvista otetuille näytteille tehtiin lisäksi standardi sulamispistemikroskooppimäärittäys.

## 2.2 Tilastolliset menetelmät

Tutkimuksessa oli tarkoitus käyttää varianssianalyysiä tuotetun kenttäkoeaineiston tilastolliseen testaukseen. Kyseisestä analysoinnista jouduttiin kuitenkin muutama poikkeuksia lukuunottamatta luopumaan, sillä kenttäkokeista saatu aineisto ei ollut normaalisti jakautunutta eikä kolme kerrannetta ollut riittävästi ottaen huomioon aineiston suuren hajonnan.

Laboratorioanalyysijä ei myöskään tarkasteltu tilastollisesti, sillä kutakin käsitellyä edusti ainoastaan yksi näyte, jolloin

suoritetun käsittelyn sisäinen varianssi jäi tuntemattomaksi.

Tilastollisten tarkastelujen puuttuminen rajoittaa siten yleistysten ja johtopäätösten tekoa suoritetujen kokeiden perusteella.

### 3 Kasveista tehdyt perusmääritykset

Vuonna 1992 raportoidun Kuitukasvien korjuutekniikka -esitutkimuksen tulosten perusteella voidaan sellunteossa käytettävien heinäkasvien jakeistamisella parantaa saatavan sellun teknisiä ominaisuuksia. Kyseisten tulosten varmistamiseksi jatkettiin käsinerottelusta syntyvien botaanisten osien tutkimista tässä tutkimuksessa syys- ja kevätkorjatulla ruokohelvellä.

Ruokonadalla analysoitavia jakeita oli neljä; tupet, korret, lehdet ja vertailuna koko kasvi. Lehtifraktio saatiin katkaisemalla korressa kiinni oleva lehti lehtilavan kiinnityskohdasta. Tupet irrotettiin korsista katkaisemalla korsi nivelen kohdalta ja vetämällä nivelväli ulos tupesta. Nivelet jäivät tällöin korsijakeeseen. Kyseiset jakeet toimitettiin sekä kivennäisanalyysiin että keittokokeisiin.

Vastaavaa käsinerottelua tehtiin myös syys- ja kevätkorjatulle ruokohelvelle kivennäisanalyysiä varten sekä soodamenetelmän keittokokeisiin menneelle syyskorjatulle ruokohelvelle. Siirryttäessä soodakeitoista sulfaattikeittoihin poistettiin syyskorjatusta ruokohelvestä ainoastaan lehdet. Kevätkorjatulle ruokohelvelle tehdyssä keittävyysskoeksessa poistettiin lehdet ja tupet, jolloin keittoon toimitettiin pelkät korret.

Jakeistamisen laatuvaikutuksen selvittämiseksi valmistettiin valikoiduista valkaisemattomista massoista laboratorioissa seosarkit, joiden ominaisuuksia voitiin verrata koivu- ja mäntysulfaattisellusta valmistettuihin laboratorioarkkeihin.

### 3.1 Esikokeet ruokonadalla

Tutkimuksen alkaessa vuoden 1993 alussa ruokohelpä ei ollut viljelyssä kuin muutamilla MTT:n koepaikoilla. Ensimmäiset kokeet tehtiin siten ruokonadalla, jota oli korjattu vuoden 1992 syksyllä HY/MMTEKissä tehdyn esitutkimuksen yhteydessä.

#### Kivennäispitoisuudet

Käsin jakeistetut ruokonadan botaaniset osat erosivat kuitu- ja kivennäispitoisuuksiltaan toisistaan. Korret sisälsivät eniten kuitua ja vähiten tuhkaa, silikaattia, kaliumia ja typpeä. Vastaavasti lehdet sisälsivät vähän kuitua ja eniten tuhkaa, kaliumia ja typpeä. Suurin silikaattipitoisuus oli tupeissa. Raudan ja kuparin osalta pitoisuudet menivät sikäli ristiin, että yhdenkään kasvin osan pitoisuus ei ole alhaisempi kuin koko kasvusta mitattu arvo. Mangaania oli vähiten korsissa (Taulukko 1).

#### Keittyvyys ja massan ominaisuudet

Botaanisten osien välillä erot olivat selviä. Paras saanto saatiin keitetessä ainoastaan korret. Korsisellun ominaisuudet olivat kailta osiltaan muista botaanisista osista keitettyjä paremmat. Tupet olivat keittävyydeltään sekä laatuominaisuuksiltaan enemmän korsien kuin lehtien kaltaisia. Keitetessä lehtiä, saanto jäi alhaiseksi ja sellun ominaisuudet heikoiksi etenkin SR-luvun ja vaaleuden osalta. Sellussa oli myös huomattava määrä hienoainetta, mitä indikoi alhainen keskimääräinen kuitupi-tuus.

Keitetessä aiemmin sooda-antra-kinonilla keitettyä ruokonataa sulfaattimenetelmällä havaittiin saannon laskevan hiukan ja raaka-aineen keittävän ehkä hie-man pitemmälle, mitä indikoi alhaisempi kappaluku sekä alhaisempi jäännöslipeän pH. Kyseinen huononutus ei välttämättä ole todellinen, sillä sulfaattikeitossa käytetty materiaali oli lehtipitoisempaa kuin sooda-keiton materiaali päätellen alhaisemmasta

**Taulukko 1.** Käsien jakeistetun syyskorjatun ruokonadan botaanisten osien kuitu- ja kivennäisanalyysin tulokset.

	Raakakuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, Fe, g/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka	mg/kg ka
Lehdet	32,3	0,68	4,9	9,1	14,5	73	127	1,9
Korret	42,0	0,39	2,0	4,1	7,6	60	56	2,2
Tupet	37,8	0,43	5,3	7,5	7,7	173	134	2,0
Koko kasvi	37,0	0,54	3,6	7,1	12,7	49	96	1,4

**Taulukko 2.** Syksyllä 1992 korjatun ruokonadan eri botaanisten osien saanto ja sellun ominaisuuksia sekä koko kasvin keittävyyden ja analysointitulokset sooda- ja sulfaattimenetelmällä, (koko kasvi, sulf.)

	Saanto, Kappaluku %	Viskositeetti	Jäännös	SR-luku pH	ISO-	Kuitupituus, vaaleus	mm
Lehdet	39,2	11,3	1 080	11,8	36	13,5	0,6
Korret	46,5	11,6	1 240	12,7	19	34,0	0,9
Tupet	44,7	10,5	1 050	12,4	27	31,5	0,8
Koko kasvi	41,5	11,1	1 130	12,2	31	20,5	0,7
Koko kasvi, sulf	39,2	10,0	1 090	11,7	38	28,5	0,6

kuitupituudesta sekä korkeasta SR-luvusta (Taulukko 2).

### Paperitekniset ominaisuudet

Vuonna 1993 sooda-antrakinonilla keitetystä ruokonatafraktioista valmistettiin seosarkit TKK:lla. Seosarkit tehtiin mäntyselluloosasta, eri kasvinosista keitetystä selluloosasta ja täyteaineesta. Vertailuarkeina käytettiin koivu- ja mäntyselluloosasta ja täyteaineesta valmistettuja arkkeja. Tavoitteena oli tehdä neliöpainoltaan 60 g arkkeja. Taulukossa 3 on esitetty tehtyjen seosarkkien testatut ominaisuudet.

Merkittävimmät erot botaanisista osista valmistettujen seosarkkien välillä olivat arkkien tiheydessä, ilmanläpäisevyydessä ja

SR-luvussa. Lujuusarvojen erot olivat merkityksettömiä. Samoin valon sironta oli samansuuruista. Erot referenssiarkeihin olivat pienet. Lujuudeltaan kaikki kasvinosat olivat samalla tasolla, jopa hieman parempia. Ongelmana oleva vedenpoistokin on korsisellusta valmistetuissa seosarkeissa samalla tasolla kuin referenssiarkeissa.

## 3.2 Syyskorjattu ruokohelpi

### Kivennäispitoisuudet

Vuonna 1993 korjatusta sadosta analysoituja jakeita oli neljä: tupet, korret, lehdet ja vertailuna koko kasvi. Kasvien jakeistami-

**Taulukko 3.** Ruokonatafraktioista tehtyjen seosarkkien paperitekniset ominaisuudet sekä mänty- (M) ja koivuselluloosasta (K) ja täyteaineesta (T) valmistetut arkit. Ruokonadan keitto sooda-antrakinoni -menetelmällä.

	SR-luku	Tiheys, kg/m <sup>3</sup>	Taittolujuus	Ilman läpäisy, s	Repäisylujuus, mNm <sup>2</sup> /g	Vetolujuus, Nm/g	Valon sironta, m <sup>2</sup> /kg
M+K+T	18	630	1,0	7,9	6,5	27,0	35,0
M+T+Koko	24	650	1,5	6,4	7,1	33,0	34,5
M+T+Lehdet	30	650	1,4	8,6	6,7	30,0	35,5
M+T+Korret	18	580	1,3	12	7,2	31,5	34,5
M+T+Tupet	21	620	1,5	14	7,3	34,0	32,5

**Taulukko 4.** Käsini jakeistetun syksyllä 1993 Viikistä korjatun ruokohelven eri botaanisten osien kivennäisanalyysin tulokset.

	Raakakuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, Fe, g/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka	mg/kg ka
Lehdet	26,1	2,22	8,3	14,7	22,9	152	102	11,3
Korret	43,2	0,35	2,6	4,4	8,9	20	30	7,0
Tupet	37,2	0,78	6,3	10,1	17,2	69	92	6,0
Koko kasvi	35,0	1,06	5,0	9,1	17,7	78	63	6,7

nen tehtiin käsin, kuten ruokonadallakin. Kaikkiaan jakeistettiin noin kolme kilogrammaa kasvimateriaalia laskettuna uunikuivaksi. Jakeistetut lyhteet oli kerätty syyskorjuukokeiden yhteydessä eri puolilta koelohkoa. Kasvin botaanisten osien painosuudet uunikuivana olivat: 65 % korsia, 10 % tuppia ja 25 % lehtiä.

Kyseisten fraktioiden kuitu- ja kivennäisanalyysin tulokset on esitetty taulukossa 4. Sellunteen kannalta merkittävin tulos on eri jakeiden raakakuitupitoisuus. Korsiin kuitupitoisuus oli yli puolitoistakertainen verrattuna lehtien kuitupitoisuuteen. Silikaattipitoisuudeltaan kasvin botaaniset osat eroavat vielä merkittävämmän toisistaan. Korsiin pitoisuus on vain noin 40 % lehtien sisältämästä määrästä. Myös tuh-

kapitoisuudeltaan kasvin eri osat poikkeavat selkeästi toisistaan. Lehtien tyypipitoisuus on korkein ja korsiin pitoisuus on vain noin seitsemäsosa siitä. Kaliumia korsiin on vain noin puolet tuppien sisältämästä määrästä. Lehtien kaliumipitoisuus on korkein. Raudan osalta tulosten luotettavuutta heikentää kyseisen metallin taipumus kontaminoitua käytetyistä käsittelyvälineistä.

Ruokohelven lehtien ominaisuudet riippuvat tuleentumisasteesta. Tehdyn kivennäisanalyysin perusteella vihreiden ja ruskeiden lehtien erot ovat merkittävät. Kuitua ruskeissa lehdissä on lähes kymmenen prosenttiyksikköä enemmän kuin vihreissä lehdissä (Taulukko 5). Vastaavasti

**Taulukko 5.** Syksyllä 1993 korjatun ruokohelven lehtien ominaisuudet. Vihreät ja ruskeat lehdet on erotettu erikseen korjatuista lyhteistä, lehdet — arvo on edellämainitun botaanisen näytteen.

	Raakakuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, Fe, g/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka	mg/kg ka
Vihreä lehti	26,1	2,68	5,8	12,3	23,8	151	68	8,4
Ruskea lehti	34,2	1,28	4,3	7,4	7,6	276	56	6,2
Lehdet	26,1	2,22	8,3	14,7	22,9	152	102	11,3

**Taulukko 6.** Vihdistä syksyllä 1994 korjatun Motterwitzer -lajikkeen mikrobiologinen laatu, yksikkönä cfu/g = pesäkkeitä muodostavien yksiköiden määrä näytegrammassa.

Mesofiiliset sienet	Kuivassa viihtyvät sienet	Termofiiliset sienet	Mesofiiliset bakteerit	Termotolerantit bakteerit
Steriilit 750	Yhteensä $4,3 \times 10^5$ Vaalea steriili $3,6 \times 10^3$ Cladosporium $2,5 \times 10^5$ Penicillium $1,1 \times 10^5$ Aureobasidium $7,3 \times 10^4$ Acremonium $2,6 \times 10^3$	< 450	$4,5 \times 10^7$	< 450

tyypeä on noin puolet vihreissä lehdistä olevasta määrästä. Silikaatin, tuhkan ja erityisesti kaliumin määrät ovat myös huomattavasti alhaisemmat kuin vihreissä lehdistä. Keittokokeissa käytetty lehtijae (Taulukko 7, lehdet) oli ominaisuuksiltaan enemmän vihreiden kuin ruskeiden lehtien kaltaista, mistä johtuen esimerkiksi lehtijäkeen saanto oli varsin alhainen.

#### Mikrobiologinen laatu

Vihdistä syksyllä 1994 korjatusta ruokohelvestä lähetettiin näyte mikrobiologiseen analyysiin Kuopion aluetyöterveyslaitokselle. Analyysi tehtiin aiemmin selostetuilla menetelmillä.

Helpinäyte osoittautui mikrobiologisesti hyvälaatuiseksi, joskin peltosienien määrä oli melko korkea. Kasvatustulokset

on esitetty oheisessa taulukossa 6. Yksikkönä on cfu/g, mikä tarkoittaa pesäkkeitä muodostavien yksiköiden määrää näytegrammaa kohden.

#### Keittyvyys ja massan ominaisuudet

Käsin erotellut, syyskorjatut ruokohelpijakeet keitettiin selluksi soodamenetelmällä. Korsille mitattu saanto voisi todellisuudessa olla parempi, sillä kyseinen jae keittyi alhaisempaan kappaan kuin muut näytteet. Tulosten perusteella kasvin eri osien sellutekniset ominaisuudet erosivat toisistaan useimpien laatua kuvastavien parametrien suhteen (Taulukko 7). Erityisesti veden poistumista massasta kuvaavan SR-luvun osalta erot olivat huomattavia. Samoin lehdistä tehty sellu oli selvästi heikointa vaaleudeltaan. Keskimääräisessä kuitupi-

**Taulukko 7.** Käsin jakeistetun, Viikistä syksyllä 1993 korjatun ruokohelven eri botaanisten osien keittyvyys ja massan ominaisuuksia. Sooda-antrakinonikeitto.

	Saanto, Kappaluku %	Viskositeetti	Jäännös	SR-luku pH	ISO-	Kuitupituus, vaaleus	mm
Lehdet	34,9	16,2	950	10,7	52	9,5	0,6
Korret	44,6	11,0	1440	11,8	21	37,5	0,7
Tupet	42,8	15,2	1130	11,2	36	23,5	0,6
Koko kasvi	41,7	15,0	1260	11,2	34	23,5	0,6

**Taulukko 8.** Viikistä syksyllä 1993 korjatun ruokohelven keittyvyys ja massan ominaisuuksia  
 Koko kasvi, sooda = kasvi kokonaisena, sooda-antrakinonikeitto  
 Koko kasvi, sulf. = kasvi kokonaisena, sulfaattikeitto  
 Korsi+tuppi, sulf. = lehdet poistettu käsin, sulfaattikeitto

	Saanto, Kappaluku %	Viskositeetti	Jäännös	SR-luku pH	ISO-	Kuitupituus, vaaleus	mm
Koko kasvi, sooda	41,7	15	1 260	11,2	34	23,5	0,6
Koko kasvi, sulf.	40,2	12	1 280	12,0	38	24,5	0,6
Korsi+tuppi, sulf.	41,0	9	1 430	12,3	27	33,0	0,6

tuudessa erot olivat pieniä.

Taulukossa 8 on esitetty syyskorjatun ruokohelven keittyvyys ja massan ominaisuudet kahdella eri keittomenetelmällä. Saanto aleni sulfaattimenetelmällä puoli-toista prosenttiyksikköä. Kyseessä oli kuitenkin yksittäinen keitto, joten näytteiden välinen vaihtelu oli mahdollista. Eri keittomenetelmät tuottivat lähes samanlaatuista sellua. Vaaleuden osalta sulfaattisellu oli hieman parempaa, mutta SR-luku oli soo-

dasellulla parempi.

Sulfaattikeiton osalta tutkittiin myös lehtien poiston vaikutus keittyvyyteen ja massan ominaisuuksiin (Taulukko 8). Lehtien poistolla syyskorjatusta ruokohelvestä ei ollut juurikaan vaikutusta saantoon, mutta kappaluku ja SR-luku olivat alhaisemmat kuin koko kasvilla ja valkaisuamaton sellu oli vaaleampaa. Keskimääräinen kuitupituus nousi vain yhden sadasosamillimetrin.



### Paperitekniset ominaisuudet

Käsin jakeistetusta, syyskorjatusta ruokohelvestä valmistettiin seosarkit. Erona ruokonadasta valmistettuihin arkkeihin oli kymmenen grammaa korkeampi neliöpaino. Taulukossa 9 on esitetty tehtyjen arkkien testatut ominaisuudet, kun eri kasvinosien keitto tehtiin soodalla käyttäen antrakinonia katalyyttina.

Valmistetuista seosarkeista mitatut SR-luvut osoittivat selvästi jakeistamisen edut ruokohelvellä, sillä pelkistä korsista valmistetusta sellusta tehdyt arkit olivat referenssiarkkien veroiset. Toinen merkittävä ominaisuuden paraneminen oli ilmanläpäisyyssä, jossa päästiin hyvin lähelle referenssiarkkeja. Lujuusominaisuuksiltaan kaikki helpisellusta tehdyt arkit olivat referenssiarkkeja parempia. Valon sirontaan jakeistamisella oli vähäinen vaikutus, mikä sekini oli parempi kuin referenssiarkeilla.

Koska korsisellusta valmistetut seosarkit erosivat ominaisuuksiltaan varsin selkeästi lehdistä ja tupista valmistetuista seosarkeista, tehtiin seosarkit sulfaattikeitoista vain koko kasvista ja jakeesta, josta oli poistettu ainoastaan lehdet. Kyseistä menettelyä voidaan perustella lehtien mekaanisen erottamisen mahdollisella koneellistamisella.

Taulukossa 10 on esitetty sulfaattikeitetyistä ruokohelpijakeista ja täyteaineesta sekä referenssinä olleesta mänty-koivusellusta ja täyteaineesta valmistettujen seosarkkien mitatut ominaisuudet. Poistamalla lehdet syyskorjatusta kasvimateriaalista voitiin parantaa seosarkkien ominaisuuksia. Merkittävimmät parannukset kohdistuivat suotautumismopeuteen (SR-luku), tiheyteen ja ilmanläpäisevyyteen. Sen sijaan lujuusominaisuuksiin ja valonsirontaan lehtien poiston vaikutus oli vähäisempi.

### Sulamispistemääritykset

Syyskorjatusta ruokohelvestä, joka oli korjattu Viikistä elokuun alussa 1993 toimitettiin käsin jakeistetut kasvin osat, tupet,

lehdet ja korret sekä koko kasvia tuhkattavaksi ja analysoitavaksi Åbo Akademiin. Analyysit suoritettiin aiemmin selostetuin menetelmin.

DTA/TGA analyysitulokset osoittivat, että syyskorjatun koko kasvin tuhkan sulaminen alkaa noin 710 °C:ssa. Tuhkan sulamisen aloittaa ilmeisesti lehtimateriaali, jonka tuhkan sulamispiste on kyseinen 710 °C. Korkein tuhkan sulamispiste on syyskorjatun kasvin tupilla, noin 750 °C. Korsijakeen tuhka sulaa noin 730 °C:ssa. Kaikissa syyskorjatun kasvin osissa tapahtui kuitenkin jonkinlaista hajoamista jo huomattavasti alhaisemmissa lämpötiloissa eli noin 680 °C:ssa.

Sulamispistemikroskooppimäärityksissä analysoitiin ainoastaan koko kasvista saatua tuhkaa. Kyseisen määrityksen perusteella tuhkan sulamispiste olisi sama, noin 700 °C, kuin DTA/TGA -analyssaattorilla saatu tulos.

## **3.3 Kevätkorjattu ruokohelpi**

### Kivenmäispitoisuudet

Kemialliseen analyysiin toimitettiin näytteet myös keväällä korjatusta ruokohelvestä. Näytteet edustivat koko kasvia sekä käsinjakeistettuja eri kasvinosia. Kokeessa jakeita oli neljä, jotka tehtiin kuten syyskorjatulla ruokohelvellä. Kasvin eri osien paino-osuudet uunikuivana olivat: 63 % korsia, 18 % tuppia ja 19 % lehtiä.

Lehtien kuitupitoisuus oli vain 31,9 prosenttia, kun samoista kasveista eroteltujen korsien kuitupitoisuus oli 54,0 prosenttia (Taulukko 11). Typeä ja kaliumia lehdistä oli vajaa kolmasosa korsien sisältämästä määrästä. Silikaatti- ja tuhkapitoisuus oli vain noin 28 prosenttia lehtien pitoisuuksista. Kyseiset analyysit ovat koko kasvin osalta epävarmat, sillä tuhkan ja silikaatin määrityksessä polttojäänneväri ei ollut normaali vaalea, vaan ruskehtava, mikä johtunee näytteessä olleista epäpuhtauksista, esimerkiksi näytteessä mahdollisesti ol-

**Taulukko 9.** Syksyllä 1993 Viikistä korjatuista ruokohelpijakeista tehtyjen seosarkkien paperitekniset ominaisuudet sekä mänty- (M) ja koivuselluloosasta (K) ja täyteaineesta (T) valmistettujen arkkiainekkeiden ominaisuudet. Ruokohelven keittomenetelmänä sooda-antrakiniini.

	SR-luku	Tiheys, kg/m <sup>3</sup>	Taittolujuus	Ilman läpäisy, s	Repäisy- lujuus, mNm <sup>2</sup> /g	Vetolujuus Nm/g	Valon sironta m <sup>2</sup> /kg
M+K+T	21	620	0,65	3,3	6,9	29,0	40,0
M+T+Koko kasvi	27	650	1,2	12	7,3	33,5	43,5
M+T+Lehdet	30	640	1,2	30	8,1	35,0	44,0
M+T+Korret	21	590	1,1	4,5	8,6	32,5	39,5
M+T+Tupet	28	630	1,3	16	7,7	37,0	41,0

**Taulukko 10.** Viikistä syksyllä 1993 korjatuista ruokohelpijakeista tehtyjen seosarkkien paperitekniset ominaisuudet sekä mänty- (M) ja koivuselluloosasta (K) ja täyteaineesta (T) valmistettujen arkkiainekkeiden ominaisuudet. Ruokohelven keittomenetelmänä sulfaatti.

	SR-luku	Tiheys, kg/m <sup>3</sup>	Taittolujuus	Ilman läpäisy, s	Repäisy- lujuus, mNm <sup>2</sup> /g	Vetolujuus Nm/g	Valon sironta m <sup>2</sup> /kg
M+K+T, referenssi	21	620	0,65	3,3	6,9	29,0	40,0
M+T+Koko kasvi	32	660	1,6	18	8,7	39,5	41,0
M+T+Korret tuppineen	21	620	1,2	6,8	8,2	35,0	42,5

**Taulukko 11.** Viikistä keväällä 1994 korjatun ruokohelven käsin jakeistettujen botaanisten osien raakakuitu- ja kivennäispitoisuudet.

	Raakakuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Lehdet	31,9	1,40	4,3	5,8	2,2	1 308	37	8,1
Korret	54,0	0,36	1,2	1,6	0,7	46	12	3,7
Tupet	42,2	0,75	2,4	3,3	1,5	277	28	6,1
Koko kasvi	41,6	0,90	6,0	7,0	1,8	169	85	6,8

leesta maa-aineksesta.

Paaleista tapahtuvassa näytteenotossa silppuuntuvan materiaalin sisältämän hienon aineksen ominaisuuksien selvittämiseksi keväällä 1994 korjattua, silppuuntunutta ruokohelpeä seulottiin kolmeen eri jakeeseen, joista tehtiin kuitu-, tyyppi-, tuhka- ja kivennäismääritykset. Käytetyt seulat olivat 50 ja 200 meshia.

Verrattaessa eri seulat läpäisyyttä materiaalia koko kasviin sekä eri luokkia keskenään havaitaan, että hienoin fraktio sisältää raakakuitua vajaat 30 prosenttia koko kasvin määrästä (Taulukko 12). Kyseisen jakeen tyyppipitoisuus on sen sijaan kaksinkertainen ja kaliumin määrä yli viisinkertainen verrattuna koko kasvin arvoihin. Silikaatti- ja tuhkapitoisuustulosten luotettavuutta kyseisten näytteiden osalta heikentää se, että polttojäännöksen väri ei ollut vaalea vaan ruskehtava, joten saadun jakeen seassa oli epäpuhtauksia, jotka lienevät lähtöisin käytetystä seulasarjasta. Kyseinen analyysitulokset on siten ainoastaan suuntaa-antava.

### Mikrobiologinen laatu

Viikistä keväällä 1994 korjatusta ruokohelvestä lähetettiin näyte mikrobiologiseen analyysiin Kuopion aluetyöterveyslaitokselle. Analyysi tehtiin aiemmin selostetuilla menetelmillä.

Helpinäyte osoittautui mikrobiologisesti hyvälaatuiseksi, joskin peltosienien määrä oli melko korkea. Kasvatustulokset on esitetty oheisessa taulukossa 13.

### Keittyvyys ja massan ominaisuudet

Raaka-ainetta kevätkorjuusta toimitettiin TKK:lle keitettäväksi. Kokeessa oli Viikissä tehdyistä paaleista otetut näytteet sekä käsin jakeistettu korsimateriaali. Lisäksi keitoissa oli kevätkorjattua ruokohelpeä Umeåsta. Sen kokonaissaanto oli 44,2 % (Taulukko 14). Viikistä paalaamalla korjatun ruokohelven kokonaissaanto oli 44,9 %, käsineroteltujen pelkkien korsien vastaavasti 53,8 %. Samassa yhteydessä keite-

tyt, vuoden ajan sisätiloissa varastoidun, syyskorjatun ruokohelven saanto oli 42,0 %.

Kappaluvun, viskositeetin ja jäännöskalalin pH:n suhteen sellut olivat samalla tasolla. Sen sijaan suotautuavuus oli parempi kevätkorjatusta raaka-aineesta tehdyillä massoilla. Samoin ISO-vaaleus oli jonkin verran parempi. Kuitupituudeltaan Palaton-lajike oli Venturea parempaa, muiden ominaisuuksien erot olivat merkityksellisen pienet.

Pelkän korsimateriaalin SR-luku ja vaaleus poikkesivat sen sijaan positiivisesti kahdesta muusta kevätkorjatusta näytteestä. Lehtien poiston seurauksena keskikuitupituuskin kasvoi Venture-lajikkeella. Pelkäästä korsimateriaalista tehty sellu oli siten parempaa kuin koko kasvi kevätkorjattuna ja huomattavasti parempaa kuin koko kasvi syyskorjattuna.

### Paperitekniset ominaisuudet

Seosarkkeihin käytettiin edellä tarkasteltuja kevätkorjatusta raaka-aineesta keitettyjä massoja. Vertailtavaksi valmistettiin siten kolmenlaisia arkkeja, joita verrattiin mänty- ja koivusulfaatista sekä täyteaineesta valmistettuihin arkkeihin. Ruotsalainen Umeåsta tuotu ruokohelpi oli Palaton-lajiketta, joka oli vertailussa tietyiltä ominaisuuksiltaan parempaa kuin Viikissä kasvanut Venture-lajike. Sen sijaan kun Venturesta poistettiin lehdet ja tupet, tehtyjen seosarkkien suotautumisenopeuden, tiheyden ja ilmanläpäisevyyden ominaisuudet paranivat huomattavasti, kuten syyskorjatulla raaka-aineella tehdyssä kokeessakin. Sen sijaan lehtien poiston vaikutus lujuusominaisuuksiin ja valonsirontaan on merkitykseton (Taulukko 15).

### Sulamispistemääritykset

Keväällä 1994 korjatusta ruokohelvestä toimitettiin käsin jakeistetut kasvin osat, tupet, lehdet ja korret sekä koko kasvia tuhkatavaksi ja analysoitavaksi Åbo Akademiin. Analyysit suoritettiin aiemmin se-

**Taulukko 12.** Näytteenotossa silppuuntuneen ja seulasarjalla eri jakeisiin seulotun keväällä 1994 Viikistä korjatun ruokohelven kuitu- ja kivennäisanalyysin tulokset. Vertailuna koko kasvin arvot.

	Raakakuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Koko kasvi	41,6	0,90	6,0	7,0	1,8	169	85	7
yli 50 mesh	47,1	0,77	2,8	3,6	2,0	194	27	8
50–200 mesh	29,5	1,64	12,5	14,6	4,7	1 745	73	25
alle 200 mesh	12,4	1,79	47,6	51,7	10,4	9 997	195	171

**Taulukko 13.** Keväällä 1994 Viikistä korjatun ruokohelven mikrobipitoisuudet, yksikkönä cfu/g = pesäkkeitä muodostavien yksiköiden määrä näytegrammassa.

Mesofiiliset sienet	Kuivassa viihtyvät sienet	Termofiiliset sienet	Mesofiiliset bakteerit	Termotolerantit bakteerit
Steriilit 900	Tumma steriili $6,1 \times 10^5$ Vaalea steriili $5,4 \times 10^4$ Cladosporium $9,0 \times 10^3$ Penicillium $9,0 \times 10^3$ Aureobasidium $9,0 \times 10^3$	< 900	$7,4 \times 10^6$	< 900

**Taulukko 14.** Vuoden varastoidun vuonna 1993 syyskorjatun (varasto) sekä Umeåsta (Palaton) ja Viikistä (Venture) vuonna 1994 kevätkorjatun ja Viikin käsin jakeistetun (Venture, korret) ruokohelven keittyvyys ja sellun ominaisuuksia. Sulfaattikeitto.

	Saanto %	Kappaluku	Viskositeetti	Jäännös pH	SR-luku	ISO- vaaleus	Kuitupituus, mm
Varasto	42,0	10,7	1290	12,3	35	26,5	0,6
Palaton	44,2	10,2	1230	13,1	27	30,0	0,7
Venture	44,9	11,7	1260	13,2	27	28,5	0,6
Venture, korret	53,8	10,1	1320	12,6	21	33,5	0,7

**Taulukko 15.** Keväällä 1994 korjatuista ruokohelvistä (selitykset taulukossa 14) tehdyistä massoista valmistettujen seosarkkien paperitekniset ominaisuudet sekä mänty- (M) ja koivuselluloosasta (K) ja täyteaineesta (T) valmistettujen arkkien ominaisuudet. Ruokohelven keittomenetelmänä sulfaatti. **Huom!** Vetolujuuden arvot poikkeavat normaalista myös referenssin osalta.

	SR-luku	Tiheys, kg/m <sup>3</sup>	Taittolujuus	Ilman läpäisy, s	Repäisylujuus, mNm <sup>2</sup> /g	Vetolujuus, Nm/g	Valon sironna, m <sup>2</sup> /kg
M+K+T, referenssi	19	650	0,70	5,9	6,8	18,5	41,5
M+T+Palaton	40	680	1,0	21	7,1	19,5	46,0
M+T+Venture	44	690	0,95	18	6,9	19,0	44,5
M+T+Venture, korret	28	690	0,90	12	6,6	18,5	43,0

**Taulukko 16.** Syyskorjatun ja kevätkorjatun ruokohelven raakakuitu- ja kivennäispitoisuudet. Näytteet otettu lyhteinä suoraan kasvustosta eri puolilta 0,5 ha:n koeluetta Viikistä.

	Raakakuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Syksy 93	35,0	1,1	5,0	9,1	17,7	78	64	7
Kevät 94	41,6	0,9	6,0	7,0	1,8	169	85	7
Syksy 94, ei analysoitu								
Kevät 95	44,2	0,7	4,1	4,8	1,4	273	47	6

lostetuin menetelmin.

Kevätkorjatun ruokohelven botaanisten osien sekä koko kasvin tuhka alkoi sulaa noin 820 °C:ssa. Erot jakeiden välillä olivat pieniä, sillä tuppien tuhkan sulaminen alkoi noin 820 °C:ssa, lehtien ja korsien tuhkan sulaminen hieman korkeammassa lämpötilassa, nimittäin 825 °C:ssa.

Sulamispistemikroskoopilla määritetty ensisulamispiste koko kasville oli DTA/TGA-analyysillä saatua korkeampi eli noin 900 °C. Eron syytä ei kyetty selvittämään tämän tutkimuksen puitteissa.

### 3.4 Yhteenveto laatumäärityksistä

#### Kivennäispitoisuudet

Syyskorjatulla ruokonadalla ja -helvellä tuppien raakakuitupitoisuus oli lähempänä korsien kuin lehtien pitoisuutta. Ruokonadan ja -helven välillä oli sen sijaan selkeä ero tuppien kivennäispitoisuuksissa. Ruokonadalla tuppien silikaattipitoisuus oli lehtiä korkeampi, kun ruokohelvellä tilanne oli päinvastainen. Kevätkorjatussa ruokohelvässä kasvin botaanisten osien erot olivat säilyneet, mutta raakakuitupitoisuus nousi huomattavasti kaikissa osissa. Typpipitoisuus sen sijaan säilyi korsissa ja tupissa syksyisellä tasollaan. Ruokohelven botaanisten osien tuhka- ja silikaattipitoisuudet olivat suunnilleen puolittuneet tal-

ven aikana. Kaliumin määrässä tapahtui radikaalein pudotus. Sitä oli kevätkorjatuissa kasvin osissa noin kymmenesosa syksyisestä määrästä. Raudan, mangaanin ja kuparin osalta tulokset olivat ristiriitaisia.

Sekä syys- että kevätkorjatun ruokohelven lehdet sisälsivät suurimman osan haitallisista kivennäisistä. Jakeistuksessa syyskorjatun ruokohelven vihreät ja ruskeat lehdet lajiteltiin erikseen. Ruskeat lehdet osoittautuivat kivennäispitoisuudeltaan hyvin paljon kevätkorjuun lehtien kaltaiseksi. Tuhkapitoisuus oli tosin kevätkorjattuja alhaisempi ja raakakuitupitoisuus korkeampi.

Verrattaessa koko kasvin syyskorjattuja näytteitä keväällä korjattuun materiaaliin olivat erot merkittävät. Keväällä korjatun ruokohelven raakakuitupitoisuus oli jopa 6 prosenttiyksikköä korkeampi kuin syyskorjatun. Tuhkapitoisuus oli noin 20 prosenttia alhaisempi. Kaliumia oli noin kymmenesosa syyskorjatun määrästä. Negatiivisena puolena oli vuonna 1994 silikaattipitoisuuden nousu yhdellä prosenttiyksiköllä (Taulukko 16).

Vuoden 1995 kevätkorjatusta sadosta ei ollut verrokinäytettä syksyiltä 1994. Verrattaessa kevään 1995 näytettä edelliskevään näytteeseen voidaan todeta kuitupitoisuuden kasvaneen. Näytteen alhaisesta silikaatti- ja tuhkapitoisuudesta päätellen näytteet ovat ehkä sisältäneet normaalia korsipitoisempaa materiaalia.

Poraamalla tehty näytteenotto kevät-korjatuista paaleista tuotti hienoa silppua. Kyseisen silpun hienoimmat jakeet eivät sisältäneet juuri lainkaan raakakuitua. Kaikkein hienoimman jakeen, joka oli läpäissyt 200 meshin seulan, raakakuitupitoisuus oli noin 12 %. Tuhkaa jakeessa oli lähes puolet kuivapainosta, ja silikaattipitoisuus oli noin 48 %. Näytteessä saattoi kuitenkin olla epäpuhtautena maa-ainesta.

Kuitu- ja kivennäispitoisuuden perusteella parhaimmalta raaka-aineelta vaikuttavat kevätkorjatun ruokohelven korret, joskin varauksen aiheuttaa mahdollinen silikaattipitoisuuden nousu.

### Mikrobiologinen laatu

Syys- ja kevätkorjatusta ruokohelvestä ei sikäli voida tehdä vertailua, että syyskorjuun osalta analysoitiin Vihdistä otettu näyte ja kevätkorjuun osalta Viikistä otettu näyte. Analysoidut näytteet luokiteltiin molemmat mikrobiologisesti hyvälaatuisiksi, joten itiöiden määrä ei ylitä raja-arvoja.

### Keittyvyys ja massan ominaisuudet

Syyskorjatulla ruokonadalla tupet ja korret olivat useimmilta ominaisuuksiltaan lähes yhdenveroisia, mutta ruokohelvellä korret poikkesivat ominaisuuksiltaan selkeästi sekä lehdistä että tupista. Ruokonadan korret olivat ruokohelven korsia parempia sekä saannossa että massan ominaisuuksiltaan. Syyskorjatun ruokohelven lehdet olivat huomattavasti huonommat kuin ruokonadan lehdet. Ne heikensivät koko syyskorjatun kasvimassan käyttökelpoisuutta. Lehtien poisto syyskorjatusta materiaalista ei vaikuttanut saantoon, mutta massan ominaisuuksia se paransi. Vertailua vaikeuttaa keittomenetelmän muutos sooda-antrakinonikeitosta sulfaattikeittoon.

Kevätkorjatusta materiaalista ei keitetty kasvin botaanisia osia, vaan ainoastaan koko kasvia ja pelkkiä korsia sulfaattimenetelmällä. Pelkkien korsien saanto oli noin 10 prosenttiyksikköä korkeampi kuin

samasta kasvustosta syksyllä otetun näytteen. Saadun sellun ominaisuudet eivät poikenneet syyskorjatuista korsista tehdyn sellun ominaisuuksista.

Koska tuppien erottelu korsista on vaikeaa, tuotetun sellun laatua on tarkoituksenmukaista parantaa poistamalla ruokohelpimassasta lehdet. Poistamalla lehdet voidaan nostaa saantoa sekä parantaa sellun laatua ja vähentää silikaattista aiheuttavia prosessiteknisiiä ongelmia. Parhaimpaan tulokseen sekä keittyvyydessä että massan ominaisuuksissa päästään, mikäli kevätkorjatusta ruokohelvestä keitetään pelkät korret, ilman lehtiä ja tuppia.

### Paperitekniset ominaisuudet

Eri kasvilajien seosarkkeja ei voida verrata, sillä eri tutkimuskerroilla tehtyjen referenssiarkkien ominaisuudet vaihtelevat. Syyskorjatun ruokonadan koko kasvimassasta keitetystä sellusta tehdyt seosarkit olivat paperiteknisiltä ominaisuuksiltaan lähes referenssiarkkien veroiset. Erot botaanisten osien välillä olivat sikäli ristiriitaiset, että vaikka korsisellusta tehdyt arkit olivat SR-luvultaan muita parempia, niin niiden ilmanläpäisevyys oli samalla tasolla tupista tehtyjen arkkiin kanssa.

Syyskorjatun ruokohelven osalta tilanne oli loogisempi. Korsisellusta tehdyt arkit olivat sekä suotautumiseltaan että ilmanläpäisevyydeltään parhaita. Sen sijaan niiden veto- ja taittolujuus oli alhaisempi kuin muista kasvin osista tehtyjen arkkiin. Samoin valon sironta oli muita huonompi. Tuppien jättäminen korsien joukkoon paransi sikäli tilannetta, että sekä lujuudet että valonsironta paranivat. Negatiivisena puolena oli lievästi huonompi ilmanläpäisevyys ja repäisyjujuus.

Lopullisesti kasvin eri osia voitiin tarkastella kevätkorjuunäytteistä tehtyjen seosarkkien valmistuttua, koska kuten aiemmin on todettu kevätkorjuulla saadaan tuotettua keittyvyydeltään ja massan ominaisuuksiltaan parempilaatuista raaka-ainetta kuin syyskorjuulla. Kyseinen koe kuitenkin epäonnistui hieman, sillä myös

referenssiarkin lujuudet olivat normaalia alhaisemmat. Tehty koe osoitti kuitenkin selkeästi lehtien poiston tarpeelliseksi. Koko kasvimassasta tehtyjen seosarkkien suotautuvuus ja ilman läpäisevyys olivat huonot. Positiivisena puolena näillä arkeilla olivat hyvät valonsirontaominaisuudet. Korsisel-lusta tehtyjen seosarkkien ominaisuudet olivat lujuudeltaan referenssiarkkien veroiset ja valon sironnaltaan näitä paremmat. Suotautuvuus ja ilmanläpäisy olivat sen sijaan korsisel-lusta tehdyillä arkeilla referenssiä huonommat. Seosarkkien perusteella sellun ja paperin valmistukseen voidaan käyttää sekä syys- että kevätkorjattua ruokohelpeä, kunhan kasvimassasta poistetaan lehdet. Koko kasvimassan käyttöä rajoittavat suotautuvuus ja ilman läpäisevyys. Tehtyjen seosarkkien osalta tulee kuitenkin huomioida se, ettei seossuhteita ole optimoitu, sekä valmistettujen arkki määrä ja valmistusaikojen ajallinen poikkeaminen.

#### Sulamispistemääritykset

Syyskorjatun ruokohelven botaaniset osat erosivat toisistaan tuhkan ensisulamispisteiden suhteen. Analyysin mukaan tuppien tuhka aloitti sulamisen korkeimmassa lämpötilassa, noin 750 °C. Alhaisin tuhkan ensisulamispiste oli lehdillä, noin 710 °C. Kevätkorjatulla ruokohelvellä erot botaanisten osien välillä olivat tasoittuneet ja tuhkan ensisulamislämpötila oli noussut noin 820 °C:een.

## 4 Korjuutekniikka

Tutkimuksessa selvitettiin kenttäkokein nykyisten korjuukoneiden soveltuvuutta heinäkasvien, pääasiassa ruokohelven, korjuuseen. Kokeita tehtiin Vihdissä MTT VAKOLAn pelloilla ja Viikissä Helsingin yliopiston opetus- ja koetilan pelloilla, jossa koetarkoitukseen perustettiin vuoden 1992 keväällä esitutkimuksen yhteydessä reilun puolen hehtaarin suuruinen koeala ruokohelpeä. MTT VAKOLAssa ruokohelven

korjuuta voitiin tutkia vasta vuoden 1994 kesällä ruokohelven perustuttua. Vuoden 1993 kokeissa MTT VAKOLAssa käytettiin nurminata-puna-apila -nurmea.

### 4.1 Syyskorjuukokeet

Syyskorjuun osalta pyrittiin pääasiassa selvittämään korjuutekniikan vaikutusta kasvuston lehti-korsi -suhteen muuttamiseen, mitä käsitellään tarkemmin esikäsittelykokeiden yhteydessä. Toisaalta tarkoituksena oli selvittää syyskorjuun tappiot erilaisilla pöyhintäintensiteeteillä sekä verrata luokokuivauksessa syntyviä korjuutappioita lato-kuivurissa kuivattavaksi tarkoitetun materiaalin korjuussa syntyviin tappioihin.

Aiemmissa mm. ruotsalaisten tekemissä syyskorjuukokeissa on saatu varsin vaihtelevia tuloksia korjuutappioiden osalta (Taulukko 17). Perinteisessä ns. kovassa korjuussa tappiot ovat vaihdelleet 21:stä 48:aan prosenttiin. Kovalla menetelmällä tarkoitetaan tässä yhteydessä normaalia niittomurskausta ja sen jälkeistä pyöröpaa-lasta. Kun menetelmää on hellävaraistettu vähentämällä murskausta ovat tappio-prosentit pääasiallisesti laskeneet hieman, mutta vaihtelu on jopa lisääntynyt, sillä tappiot ovat olleet 18:sta 57:ään prosenttiin (Oknelid 1994).

Tässä tutkimuksessa syksyllä tehdyissä kokeissa korjuutappiot määritettiin biologisen ja paalutun sadon erotuksena. Biologisella sadolla tarkoitetaan sitä massan määrää, mikä pellolta olisi korjattavissa, mikäli korjuumenetelmä olisi ideaalinen. Toisin sanoen korjuussa tavaraa ei hukattaisi ollenkaan korjuutappioihin. Biologinen sato määritettiin VAKOLAssa MTT:ltä lainassa olleella Haldrup 1500 -koeruutuniittokoneella. Viikin kokeissa käytettiin Helsingin yliopiston kasvintuotantotieteen laitoksen vastaavaa konetta. Molempien niittokoneiden leikkuukorkeus säädettiin 7 cm:iin. Kyseisellä koneella niitetty kasvusto nousi mattokuljetinta pitkin punnitus-säiliöön. Kunkin niiton jälkeen kone pysäytettiin ja vaa'an näyttämä tuorepaino



**Taulukko 17.** Korjuutappioprosentit ruokohelven syyskorjuussa hellävaraisella ja kovalla menetelmällä viidellä koepaikalla. Menetelmät perustuvat niittomurskaukseen ja pyöröpaalaukseen (Oknelid 1994).

Koepaikka	Korjuutappiot, %	
	Hellävarainen	Kova
Vojakkala	18	21
Röbacksdalen	21	23
Sättna	28	48
Danmark		36
Lillerud	57	38

merkittiin mittauspöytäkirjaan.

Välittömästi näytteen punnituksen jälkeen punnitussäiliöstä tyhjennetystä materiaalista otettiin kosteusmäärittystä varten kolme rinnakkaisnäytettä, jotka silputtiin ja tuorepainot punnittiin pellolla. Kosteusmäärittys tehtiin kuivaamalla näytteitä uunissa +103 °C yön yli. Kuivauksen jälkeinen punnitus suoritettiin ilman jäähdystystä eksikaattorissa. Kaikki jäljempänä esitetyt hehtaarisadot on ilmaistu kuiva-aineena (kg ka/ha).

#### 4.1.1 Vihdin kokeet 1993

Vihdissä MTT VAKOLAn pellolla tehdysä pöyhintäkokeessa selvitettiin normaalin ja hellävaraisen pöyhintäintensiteetin osalta eri niitto- ja murskausmenetelmien ja kahden eri tyyppisen pöyhimen vaikutusta niitetyn kasvuston kuivumiseen, korjatun kasvuston lehti-korsi-suhteeseen ja satotappioihin. Kasvuston kuivumisesta ei huonojen sääolosuhteiden vuoksi saatu selkeää mittaustulosta. Kasvuston korsi-osuuden muutokset käsitellään jäljempänä esikäsitteilyä koskevassa kappaleessa. Tässä yhteydessä on esitetty siten vain satotuloksia.

Kokeet suoritettiin kolmena kerrantena. Yksittäisten koeruutujen koko oli 25 m kertaa 6 m. Ruutujen välissä oli kolme metriä leveät nollaruudut, joilta sato niittämisen jälkeen kerättiin ja punnittiin Haldrup 1500-koeruutuniittokoneella pellon keskisadon arvioimiseksi. Kaavio kenttäkoejär-

jestelyistä on esitetty liitteessä 3.

Kokeen aikana kahtena päivänä satoi huomattavasti, kolmantena päivänä 28 mm ja viidentenä 38 mm (Taulukko 18). Viiden päivän sateen jälkeen materiaalin muutokset olivat jo niin huomattavia, että koe päätettiin keskeyttää.

#### Normaalin pöyhinnän vaikutusta tutkiva koe

Vihdin kokeessa niitto tapahtui Vicon-lautasniittokoneella ja niittomurskaus Nokka Grassliner 240-iskukelamurskaimella. Osa Viconilla niitetystä ruuduista käsiteltiin International McCormick F 42-2-telamurskaimella. Pöyhiminä käytettiin YLÖ-280-kelapöyhintä ja YLÖ KP-320-pyöröharavapöyhintä. Traktorin voimanottoakselin kierrokset pidettiin pöyhittäessä vakiona, 540 r/min, jolloin pöyhimien piikkien kehänopeudet olivat kelapöyhimellä 18,4 m/s ja pyöröharavapöyhimellä 14,5 m/s. Sato paalattiin Wärtsilä kovapaalaimella. Näistä koneista muodostetut koneketjut on esitetty taulukossa 19.

Kaadon jälkeen ruudut pöyhittiin kaksi kertaa päivässä, kello 10 ja 16. Telamurskaus suoritettiin ensimmäisen pöyhinnän yhteydessä. Joka pöyhinnän yhteydessä ruudulta otettiin kosteusnäytteet, jotka punnittiin pellolla ja kuivattiin uunissa yön yli aiemmin selostetulla tavalla. Paalauksen yhteydessä paalit punnittiin ja niistä otettiin näytteet kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi. Paalaus kosteus oli 58 %.

**Taulukko 18.** Sääolot Vihdissä syksyllä 1993 suoritettuna kokeen aikana.

Koepäivä	Vuorokauden ylin lämpötila, °C	Vuorokauden alin lämpötila, °C	Vuorokauden alin ilman suht. kost. %	Vuorokauden sademäärä, mm
1	24	9	47	1
2	24	7	46	0
3	24	13	50	28
4	26	12	46	0
5	18	13	90	38
6	22	16	68	0
7	20	14	52	0

**Taulukko 19.** Vihdin kokeessa syksyllä 1993 vertailtavina olleet menetelmät.

Menetelmä no	Koneketju
menetelmä 1	niitto ja kelapöyhin
menetelmä 2	niittomurskaus ja kelapöyhin
menetelmä 3	niitto, erillinen telamurskaus ja kelapöyhin
menetelmä 4	niitto ja pyöröharavapöyhin
menetelmä 5	niittomurskaus ja pyöröharavapöyhin
menetelmä 6	niitto, erillinen telamurskaus ja pyöröharavapöyhin

Oheisessa taulukossa 20 esitettiin tapio prosentteihin tulee suhtautua tietyllä varauksella, sillä eräissä ruuduissa talteen saadun sadon määrä on mitattu korkeamaksi kuin biologisen sadon määrä. Keskimääräinen biologinen sato on samalla tasolla eri menetelmillä. Toisaalta hajonta menetelmien sisällä on varsin suurta. Tuloksia voidaankin pitää lähinnä suuntaa antavina.

Molemmilla pöyhintyypeillä suurimmat tappiot syntyivät menetelmillä 2 ja 5 niitettäessä kasvusto niittomurskaimella. Pienimpiin tappioihin päästiin menetelmillä 3 ja 6, joissa niitetty kasvusto murskattiin erillisellä ajokerralla telamurskaimella. Murskaamattoman kasvuston korjuutappiot olivat kelapöyhimellä keskimäärin 27 ja pyöröharavapöyhimellä 8 prosenttia.

Kelapöyhimellä käsiteltujen ruutujen satotappiot olivat kaikilla niitto-niitto-

murskaus -yhdistelmillä korkeammat kuin pyöröharavapöyhimellä, kun käytettiin normaalia voimanottoakselin pyörintänopeutta. Pienimmät satotappiot saatiin menetelmällä 6, jossa niitetty kasvusto käsiteltiin telamurskaimella ja pöyhittiin pyöröharavapöyhimellä.

#### Hellävaraisen pöyhinnän vaikutusta tutkiva koe

Pöyhinnän voimakkuuden vaikutusta satotappioihin tutkittiin samanaikaisesti, mutta erillisessä kokeessa. Käsiteltävät ruudut niitettiin Vicon -lautasniittokoneella. Ruudut pöyhittiin kela- ja pyöröharavapöyhimellä. Traktorin voimanottoakselin kierrosnopeus laskettiin 350 r/min:ssa, jolloin pöyhimien piikkien kehänopeudet laskivat kelapöyhimellä 11,9 m/s:ssa ja pyöröharavapöyhimellä 9,6 m/s:ssa.

**Taulukko 20.** Satotulokset kuiva-ainekiloina sekä tappioprosentit Vihdin normaalin pöyhintäintensiteetin kokeesta eri menetelmillä (menetelmät taulukossa 19).

Menetelmä	Kerranne	Sadot, kg ka/ha				Tappiot, %	
		Biologinen	$\bar{x}$	Paalattu	$\bar{x}$	x	
1	1	6838		4488		34	
	2	6099	6450	5874	4665	4	27
	3	6416		3629		43	
2	1	6788		3195		53	
	2	5976	6315	4158	3420	30	45
	3	6182		2904		53	
3	1	7236		5603		23	
	2	6004	6550	5522	5030	8	23
	3	6409		3959		38	
4	1	6340		4998		21	
	2	5473	6510	5785	5925	-6	8
	3	7729		6994		9	
5	1	6658		5547		17	
	2	5995	6535	5631	5861	6	10
	3	6953		6406		8	
6	1	6208		7333		-18	
	2	5995	6574	5872	6742	2	-3
	3	7518		7022		7	

**Taulukko 21.** Satotulokset kuiva-ainekiloina sekä tappioprosentit Vihdin hellävaraisen pöyhintäintensiteetin kokeesta syksyllä 1993 kela- ja pyöröharavapöyhimellä.

Menetelmä	Kerranne	Sadot, kg ka/ha				Tappiot, %	
		Biologinen	$\bar{x}$	Paalattu	$\bar{x}$	$\bar{x}$	
Kelapöyhin	1	6953		4102		41	
	2	7042	7210	4259	4630	40	36
	3	7633		5519		28	
Pyöröharava-pöyhin	1	7289		6160		15	
	2	7150	7140	6250	6500	13	9
	3	6972		7092		-2	

Tuloksia taulukossa 21 voidaan verrata normaalin pöyhintäintensiteetin menetelmiin 1 ja 4. Kelapöyhimellä tappiot lisääntyivät hieman, kun pöyhintää hellävaraistettiin. Tulos on ilmeisesti seu-

rausta kasvuston suuremmasta apilapitoisuudesta verrattuna normaalin pöyhintäintensiteetin kokeeseen. Pyöröharavapöyhimellä hellävaraistamisella ei ollut vaikutusta syntyviin tappioihin.

#### 4.1.2 Viikin kokeet 1993

MTT VAKOLAssa suoritettujen kokeiden perusteella muodostettiin Viikin koneketju sellaiseksi, että satotappiot jäisivät mahdollisimman pieniksi, mutta samanaikaisesti paaliin korjattavien lehtien määrää voitaisiin vähentää. Korjuumenetelmien vaikutukset paalatun materiaalin korsi- ja lehtipitoisuuksiin on esitetty raportin esikäsittelyteknikkaa käsittelevässä osassa.

Koe suoritettiin kolmena kerranteena ruutukoon ollessa 25 m kertaa 3 m. Ruutujen väleihin jäi 2,8 metrin nollaruudut pellon keskimääräisen sadon määrittämiseksi (Liite 4). Nollaruuduilta sato kerättiin ja punnittiin Viconilla tehdyn niittämisen jälkeen Haldrup 1500 -koeruutuniittokoneella. Lisäksi traktorin renkaiden maahan painama kasvusto haravoitiin käsin ja punnittiin.

Ilman viileyden ja korkean suhteellisen kosteuden takia (Taulukko 22) karhon kuivuminen oli hidasta ja ilman muuttuessa sateiseksi ja epävakaiseksi koe keskeytettiin.

Ruudut niitettiin Vicon -lautasniittokoneella. Pöyhimenä käytettiin YLÖ KP-320 -pyöröharavapöyhintä, jonka piikkien kehänopeus pidettiin 14,5 m/s:ssa. Sato paalattiin muuttuvakammioisella John Deere 540 -pyöröpaalaimella.

Kaadon jälkeen ruudut pöyhittiin taulukossa 23 esitetyn ohjelman mukaisesti. Pöyhintöjen yhteydessä ruudulta otettiin kosteusnäytteet, jotka punnittiin välittömästi pellolla ja kuivattiin 103 °C lämpötilassa yön yli. Paalauksen yhteydessä paalit punnittiin ja niistä otettiin kolme kosteusnäytettä kustakin.

Kokeessa ei saavutettu normaalia paalauksokosteutta. Karhon kosteus ennen paalausta oli 71 %. Verrattaessa biologista ja paaleihin saatua satoa toisiinsa, kokeen voidaan todeta epäonnistuneen täydellisesti tappiomäärityksissä (Taulukko 24).

Biologisen sadon määrityksessä ei voi olla suurtakaan virhettä, sillä käytetyn koeruutuniittokoneen vaaka tarkistettiin. Myöskään biologisen sadon kuiva-ainepi-

toisuuksissa ei ollut merkittäviä eroja. Virhe on mitä todennäköisimmin saatujen paalien punnituksessa ja/tai paalien kuiva-ainepitoisuuden määrityksessä, jossa näyte ei ole ollut edustava, sillä hajonta oli melko suurta.

#### 4.1.3 Vihdin kokeet 1994

Vihdissä tehtiin 1.–7. elokuuta 1994 korjuukokeita ruokohelvellä. Kentäkokeet tehtiin kesällä 1993 perustetusta ruokohelpikasvustosta. Kasvusto oli lannoitettu Typpirikas 1 -lannoitteella antaen 80 kg N/ha.

Kokeessa oli kolme kerrannetta, jotka sijaitsivat liitteessä 5 olevan kartan mukaisesti. Korjuujakson keskimääräinen päivälämpötila oli 22,0 °C ja suhteellinen kosteus 68 %. Kahden vuorokauden kuluttua niitosta satoi 4 mm, joten luokokuivatun ruokohelven korjuuaika venyi viiden päivän mittaiseksi.

Ruokohelpeä korjattiin vain yhtä korjuuketjua käyttäen, koska lohkokolla olevaa kasvustoa haluttiin säästää vuoden 1995 kevätkorjuukokeisiin. Korjuutappiot määritettiin aiemmin selostetun menetelmän mukaisesti. Korjuussa käytetty koneketju muodostui Nokka Grassliner 240 -niittomurskaimesta, YLÖ-280 kelaharavapöyhimestä ja Welgerin kiinteäkammioisesta pyöröpaalaimesta, paalin maksimihalkaisija 120 cm ja leveys 120 cm. Latokuivuriin korjattu kasvusto pöyhittiin kaksi kertaa (+ karhotus) ennen paalausta. Luokokuivatut ruudut jouduttiin pöyhimään viisi kertaa (+ karhotus) ennen paalaamista. Latokuivatun materiaalin korjuutappiot olivat 11–15 %. Kolmosruudun satotulokset ja varsinkaan tappiot eivät pidä paikkaansa, sillä latokuivuriin tarkoitettua ruutua ei saatu paalattua ennen sadekuuroa paalaimen hajottua. Luokokuivatun ruokohelmin korjuutappiot olivat 18–25 %. Korjuun yhteydessä otetut lehti-korsinäytteet määritettiin Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitoksella, tulokset esitetään kappaleessa 6.1.3.

**Taulukko 22.** Sääolot Viikissä syksyllä 1993 tehdyn pöyhintäintensiteettikokeen aikana

Koepäivä	Vuorokauden ylin lämpötila °C	Vuorokauden alin lämpötila °C	Vuorokauden alin ilman suht. kost. %	Vuorokauden sademäärä mm
1	16	7	66	2
2	16	6	57	0
3	17	4	61	0

**Taulukko 23.** Pöyhintäintensiteetit Viikin syyskorjuukokeessa 1993.

Menetelmä no	Pöyhintäintensiteetti
menetelmä 1	yksi pöyhintä päivässä, kello 12.30
menetelmä 2	kaksi pöyhintää päivässä, kello 10 ja 15
menetelmä 3	neljä pöyhintää päivässä, kello 10, 12.30, 15 ja 17.30

**Taulukko 24.** Satotulokset kuiva-ainekiloina sekä tappioprosentti Viikin syyskorjuukokeesta eri pöyhintäintensiteeteillä

Menetelmä	Kerranne	Sadot, kg ka/ha			Tappiot, %	
		Biologinen	$\bar{x}$	Paalattu	$\bar{x}$	$\bar{x}$
1	1	9878		11596		-17
	2	9038	9335	11741	11040	-30
	3	9089		9790		-8
2	1	7587		10910		-44
	2	8405	8720	10476	10380	-25
	3	10169		9754		4
3	1	8296		12174		-47
	2	8549	8920	9501	10790	-11
	3	9914		10693		-8

**Taulukko 25.** Satotaset ja korjuutappiot Vihdin syyskorjuukokeessa 1994.

Koeruutu	Biologinen sato	Kuiva-ainetappio	
	t/ha	t/ha	%
Latokuivaus 1	7,8	0,8	11
Luokokuivaus 1	7,1	1,3	18
Latokuivaus 2	7,8	1,1	15
Luokokuivaus 2	9,4	2,0	21
Latokuivaus 3	9,3	2,2 <sup>1)</sup>	24 <sup>1)</sup>
Luokokuivaus 3	7,8	1,9	25
Latokuivaus $\bar{x}$	7,8	0,95	13
Luokokuivaus $\bar{x}$	8,1	1,7	21

<sup>1)</sup>paalaimen hajoaminen ja sade keskeyttivät korjuun

Niitossa tehollinen työsaavutus oli 1,8, pöyhinnässä 2,3 ja paalauksessa 1,4 hehtaaria tunnissa. Työsaavutuksissa ei ole mukana valmistelu- ja apuaikoja.

## 4.2 Kevätkorjuukokeet

Ruotsalaisten tutkimusten mukaan (Lomakka 1993) ruokohelpi voidaan jättää syksyllä niittämättä, jolloin ravinteet kulkeutuvat juureen, mikä edesauttaa kasvun käynnistymistä seuraavan kasvukauden alussa. Korjattavissa oleva korsisato on maksimaalinen, koska kasvi hyödyntää koko kasvukauden. Kevätkorjuussa saavutetaan myös korkea ja tasainen kuiva-ainepitoisuus luokokuivauksella, mikä mahdollistaa tiukkojen paalien tekemisen. Lisäksi raaka-aineen ominaisuudet paranevat; kuitupitoisuuden kasvu ja ravinteiden poistuminen ovat etuina selluksi keitetäessä (Olsson 1991).

Mahdollisena ongelmana kevätkorjuussa on maan kantavuus korjuuaikana. Korjaamattoman kasvimassan on todettu toimivan myös eristeenä pellon pinnalla, joten roudan syvyys on ollut pienempi kuin viereisellä sänkipellolla (Olsson 1991). Korjaamaton kasvusto toimii kuitenkin varsin tehokkaana eristeenä pellon pinnalla estäen auringonsäteilyn maata lämmittävän ja kui-

vattavan vaikutuksen. Tehdyissä kokeissa havaittiin maan olevan jäätyneenä huomattavasti pitempään kasvuston peittämällä alueella kuin vieressä sijaitsevalla alueella, josta kasvusto oli korjattu syksyllä pois (Vanhala 1995).

Toisena mahdollisena ongelmana on töiden ajoitus. Kevätkorjuu tehdään useimmiten joko hieman aikaisemmin tai yhtä aikaa kuin toukutyöt. Tässä tutkimuksessa tehdyt kokeet voitiin kuitenkin pääsääntöisesti tehdä ennen toukokuun aloitusta.

Merkittävin ongelma kevätkorjuussa ovat suuret korjuutappiot käytettäessä perinteisiä kuivan heinän korjuuseen suunniteltuja menetelmiä. Kevätkorjuukokeita on tehty mm. Ruotsissa, josta ovat oheisen taulukon 26 tulokset. Siirryttäessä perinteisestä, kovasta tekniikan käytöstä hellävaraisempiin menetelmiin, esimerkiksi laskemalla niittomurskaimen kelan pyörimisnopeutta, voidaan tappioita hieman vähentää. Tappiot ovat kuitenkin vaihdelleet vuonna 1993 tehdyissä kokeissa 14–40 prosenttiin (Oknelid 1994).

Tutkimuksessa kevätkorjuun peltokokeet tehtiin ainoastaan ruokohelpikasvustolle. Kokeissa selvitettiin korjuun onnistumista perinteisillä heinäkorjuukoneilla sekä tappiolähteet. Korjuun vaikutukset saatavan sadon laatuun selvitettiin analysoimalla eri korjuuketjun vaiheissa

**Taulukko 26.** Korjuutappiot kevätkorjuussa vuosilta 1992 ja 1993 Ruotsissa hellävaraisessa ja kovassa korjuussa viidellä koepaikalla. Korjuuketjuna niittomurskaus ja pyöröpaalaus (Oknelid 1994).

Koepaikka	Korjuutappiot, %			
	1992		1993	
	Hellävarainen	Kova	Hellävarainen	Kova
Vojakkala	21	21		
Röbacksdalen	29	35	14	24
Sättna	20	27	40	45
Danmark	38	36	21	23
Lillerud	20	33		

syntyneistä tappioista otetut näytteet sekä paaleista otetut näytteet. Viikin koe vuonna 1994 oli esikokeen luonteinen, jossa testattiin tappiomäärittymenetelmiä. Seuraavana vuonna Viikissä tehty koe oli tuotekehitysvertailu, jossa verrattiin perinteistä niittomurskainta ja karhotuspyörin varustettua lautasniittokoneetta. Vihdissä HY/MMTEKin ja MTT VAKOLAn yhteistyönä tehty koe oli melko kattava viittä toteuttamiskelpoiselta tuntuvaa koneketjua vertaileva koe. Kyseiset ketjut ja niissä käytetyt koneet selostetaan koetta käsittelevässä kappaleessa.

Tutkimuksessa tehdyissä kevätkorjuukokeissa ruutujen biologinen sato määritettiin Haldrup 1500-koeruutuniittokoneella, jonka leikkuukorkeus oli säädetty 5 senttimetriin. Kaikissa kokeissa käytettiin samaa Helsingin yliopiston kasvintuotantotieteen laitoksen konetta. Välittömästi koneella tehdyn punnituksen jälkeen niitetystä masasta otettiin kosteusnäytteet, jotka silputtiin ja punnittiin pellolla. Näytteet kuivattiin yön yli uunissa ja punnittiin aamulla ilman jäähdystystä eksikaattorissa. Kaikki jäljempänä esitetyt kevätkorjuutulokset on ilmoitettu kuiva-aineena (ka).

Koeruuduista kasvusto korjattiin valitulla korjuumenetelmällä, saadut paalit punnittiin ja paaleista otettiin poraamalla kolme kosteusnäytettä. Pora ulottui paalin ulkopinnalta sen keskustaasti. Yhtä näytettä kohden tarvittiin keskimäärin neljä

porausta. Kosteusnäytteiden perusteella laskettiin paalien kuivapaino, josta edelleen laskettiin kuiva-ainesato per hehtaari. Sitä verrattiin koeruudun biologiseen satoon, jolloin näiden lukujen erotuksesta saatiin ruutukohtainen korjuutappio.

Korjuutappioiden lähteiden yksilöimiseksi koko korjuun ajan kerättiin yksilöityjä tappionäytteitä. Näytteet kerättiin niittotappiosta, karhotustappiosta, noukintappiosta ja paalaustappiosta. Paalaustappiot jaoteltiin edelleen varsinaisen paalauksen ja sidonnan aikaisiin tappioihin.

Karhotustappioita indikoivat tappionäytteet kerättiin niiton jälkeen ennen paalausta karhojen välistä kahdeksasta satumanvaraisesti valitusta kohdasta. Näytealan koko oli neljännes neliometri (50 cm × 50 cm). Näytteet kerättiin imuroimalla sängelle jäänyt irtonainen kasvimateriaali tarkasti talteen. Näytteet kuivattiin, jotta saatiin tappioiden määrä kuiva-aineena. Näytteiden kuiva-ainepainojen keskiarvoista laskettiin ruutukohtaiset karhotustappiot liitteen 2 kaavan 1 mukaan.

Karhotustappionäytteiden keräämisen jälkeen ruutu paalattiin. Paalauksen aikaiset tappiot eli paalaimesta ulos variseva materiaali kerättiin talteen paalaimen alle asennetun pressun avulla. Itse paalauksen aikainen materiaalihävikki kerättiin omaksi tappioeräksi ja sidontavaiheen aikainen hävikki omakseen. Tappioeristä otettiin kolme kos-



**Taulukko 27.** Ilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja sademäärä sekä pysty- ja lakokasvuston kosteudet yli viiden senttimetrin kerroksista ja paalauskoosteudet Viikistä seurantajaksolta 25.4.–5.5.1994. Sääoloista vuorokautinen keskiarvo.

PVM	Ilman lämpötila, °C	Ilman suhteellinen kosteus	Sademäärä, mm	Pystykasvusto, kosteus-%	Lakokasvusto, kosteus-%	Keskiarvo/paalauskoosteus, %
25.4.	13,0	53		11	23	17
26.4.	11,1	61		12	13	12
27.4.	11,8	89		13	16	14
28.4.	7,4	90		17	16	16
29.4.	8,6	88	1	24	29	27
30.4.	8,0	69		11	14	12
1.5.	6,4	65				
2.5.	5,3	53		17	16	16
3.5.	4,4	64				9
4.5.	5,6	59				11
5.5.	8,0	64				9

teusnäytettä, joiden perusteella laskettiin ruutukohtaiset hävikit kuiva-aineena.

Paalauksen jälkeen ruudulla olleiden karhujen kohdalta kerättiin noukintapiota indikoivat tappionäytteet sattumanvaraisesti valituista kohdista. Näytteiden määrä ja näytealojen koko oli sama kuin karhotustappionäytteillä ja näytteet käsiteltiin samalla tavalla kuin karhotustappionäytteet. Ruutukohtaiset noukintapiot laskettiin liitteen 2 kaavan 2 mukaan.

Lisäksi kerättiin näytteet niittotappiota, joksi laskettiin yli viiden cm:n pituiseksi jäänyt sänki. Näyte otettiin jälleen sattumanvaraisesti valituista kahdeksasta kohdasta koeruudulta. Näistä kohdista sänki leikattiin sabloonan avulla saksilla viiteen cm:iin ja leikattu tavara kerättiin talteen ja kuivattiin. Näytteiden kuiva-ainepainojen keskiarvoista laskettiin ruutukohtaiset niittotappiot liitteen 2 kaavan 3 mukaan.

#### 4.2.1 Viikin kokeet 1994

Käsiteltäviä ruutuja oli ainoastaan kolme. Ruudut nimettiin ylä-, keski- ja alaruuduksi, sillä koealue oli rinnepellolla. Koeruudut olivat kooltaan 203, 207 ja 219 m<sup>2</sup> ja pituudeltaan vajaan 35 metriä.

Kokeet aloitettiin huhtikuun 25. päivä seuraamalla talvehtineen kasvuston kosteuskehitystä päivittäin otetuilla näytteillä. Samanaikaisesti rekisteröitiin ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Näytteet otettiin erikseen pysty- ja lakokasvustosta. Koekentältä lumi sulii huhtikuun puolessavälissä. Kasvusto kuivui keskimäärin noin 15 % kosteuteen reilussa viikossa lumien sulettua. Samoin kasvusto kuivui sateen jälkeen nopeasti uudestaan korjuukosteuden alapuolelle (Taulukko 27).

Koeruutujen biologinen sato määritettiin ajamalla Haldrup 1500-koeruutuniittokoneella ruutujen poikki neljästä kohdasta.

**Taulukko 28.** Ruutukohtainen biologinen ja paalattu sato sekä tappioprosentti ja paalausaste Viikin kokeessa keväällä 1994.

Ruutu	Biologinen	Sadot, kg ka/ha		Tappiot, %		Paalausaste, %
		$\bar{x}$	Paalattu	$\bar{x}$	$\bar{x}$	
Yläruutu	7380		4290		42	9
Keskiruutu	7450	7820	5160	4730	31	39
Alaruutu	8630		4750		45	11

**Taulukko 29.** Ruutukohtainen tappioiden jakautuminen työketjun eri vaiheisiin Viikin kokeessa keväällä 1994. Tulokset ilmaistu prosentteina ruudun kokonaistappioista, vaakarivin summa 100 %.

Ruutu	Niitto	Karhotus	Tappiolähde, % kokonaistappioista				Paalinpudotus
			Noukinta	Paalaus	Sidontakammio	Sidontanoukin	
Yläruutu	8	41	41	3	2	3	2
Keskiruutu	8	21	53	5	4	4	5
Alaruutu	17	18	55	3	2	3	2
$\bar{x}$	11	27	49	4	3	3	3

Biologinen sato määritettiin muilta osin aiemmin selostetuilla menetelmillä.

Korjuukoneina olivat JF Grassliner 320 -niittomurskain ja John Deere 540 -pyöröpaalain. Niittomurskaimen kelan pyörintänopeus säädettiin pienimmäksi mahdolliseksi sekä murskainkelan ja vastalevyn väli suurimmaksi mahdolliseksi. Pyöröpaalaimen alle, välittömästi noukkimen taakse kiinnitettiin kevytpeite, jolle kerättiin paalainkammista varissut materiaali. Paalausaste määritettiin karhosta juuri ennen paalusta. Ajonopeus kokeessa ei vastannut käytännön olosuhteita.

Korjuu aloitettiin 3.5. yläruudusta. Alaruutu korjattiin 4.5. ja korjuu päättyi 5.5. keskiruudun korjuuseen. Korjuuajanjaksoilla ilman suhteellinen kosteus oli noin 60 %. Ilman lämpötila oli noin 5 celsiusastetta. Jakson säätiedot on esitetty taulukossa 27.

Karhosta mitattu paalausaste oli kaikissa ruuduissa alle 11 prosenttia. Ilmeisesti materiaalin kuivuus aiheutti kevätkorjuus-

sa huomattavia, keskimäärin 40 prosentin tappioita. Tulokset on esitetty ruuduittain oheisessa taulukossa 28. Ruutujen välillä olevat erot johtuvat pääasiassa kasvuston lakoisuudesta, sillä niitettäessä myötälakoon sänki jää pitemmäksi kuin vasta- tai sivulakoon ajettaessa. Yläruudussa tappioiden suuruus johtunee huonosta karhotustuloksesta, koska niittotappiot ovat samalla tasolla keskiruudun tappioiden kanssa.

Tappiot itse paalauksessa, joka sisälsi kaikki paalauksen työvaiheet, olivat vähäiset, ainoastaan 10–18 prosenttia korjuun kokonaistappioista. Keskimäärin suurimmat tappiot muodostuivat noukinnassa, jonka osuus kokonaistappioista oli jopa 55 prosenttia. Syynä tappioiden muodostumiseen oli se, että niitossa ja etenkin karhotuksessa niittomurskaimella materiaali murskautui siten, ettei paalaimen noukin saanut sitä paalaimen. Suurin hajonta tappioiden osalta oli karhotustappioissa, joiden osuus vaihteli 18:sta 41:een prosenttiin.

**Taulukko 30.** Keväällä 1994 Viikistä korjatun ruokohelven, sen botaanisten osien ja korjuutappionäytteiden raakakuitu ja kivennäispitoisuudet.

Kasvin osa	Osuus, %	Raakakuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> % ka	Tuhka % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Koko kasvi	100	41,6	0,9	6,0	7,0	1,8	169	85	7
Lehdet	19	31,9	1,4	4,3	5,8	2,2	1308	37	8
Korret	63	54,0	0,4	1,2	1,6	0,7	46	12	4
Tupet	18	42,2	0,8	2,4	3,3	1,5	277	28	6
Tappiolähde, kg ka/ha									
Niitto	297	52,5	0,6	1,9	2,9	4,1	110	19	4
Karhotus	707	43,8	0,8	7,1	8,4	2,9	1664	34	8
Noukinta	1316	41,3	1,1	3,1	4,5	2,8	535	31	8
Paalaus	92	48,0	0,8	2,4	3,2	1,8	316	18	6
Sid., kammio	76	43,2	0,9	6,1	7,4	2,7	1108	34	8
Sid., noukin	80	46,3	0,8	3,3	4,2	1,8	195	31	7
Pudotus	77	50,0	0,6	2,2	2,9	1,7	278	15	5

Niittotappioiden eli niittämättä jääneen kasvuston osuus oli likimain sama kuin paalustappioiden vaihdellen 8–17 prosenttiin.

Ruutujen ulkopuolelta paalutun täysikokoisen, halkaisijaltaan 160 cm, pyöröpaalin painoksi saatiin 290 kg ka, ja kuutiopainoksi laskettiin 145 kg ka/m<sup>3</sup>. Varsinaiset koeruudut olivat niin pieniä, että niiltä saatujen paalien halkaisija jäi alle yhden metrin. Pienemmän paalikon mahdolliset vaikutukset oheisten kivennäisanalyysien tuloksiin jäivät selvittämättä. Voidaan kuitenkin olettaa, että muuttuvakammioinen paalin käsittelee materiaalia lähes samalla tavalla riippumatta muodostettavan paalin lopullisesta koosta.

#### Kivennäispitoisuudet

Tappioiden kohdentumisen selvittämiseksi kustakin tappiolajista sekä tehdyistä paaleista otettiin näytteet analysoitavaksi. Suoritettujen määritysten perusteella karhotustappiot ja noukkimen päältä varis-

seet sidonnan aikaiset tappiot ovat pääasiassa lehtiainesta. Muut tappiot muodostunevat pääosin korsipitoisesta materiaalista, koska näytteiden silikaatti- ja tuhkapitoisuudet ovat yhteneväiset korsien pitoisuuksien kanssa (Taulukko 30).

Paaleista otettujen näytteiden perusteella pääosa tappioista kohdistuukin joko lehtiin tai tuppiin, sillä paaleissa olevan materiaalin ominaisuudet ovat kuitu-, silikaatti- ja tuhkapitoisuudeltaan paremmat kuin koko kasvin ominaisuudet (Taulukko 31). Paalien välillä olevat vaihtelut johtuvat pääosin tappioiden erilaisesta kohdistumisesta eri ruuduissa. Paali 1 poikkeaa siten kahdesta muusta paalista verraten paljon, koska kyseisellä ruudulla karhotus- ja noukintatappioiden osuus oli suurin.

#### **4.2.2 Viikin kokeet 1995**

Kevään 1995 ensimmäiset korjuukokeet tehtiin Viikin koetilalla. Kokeet ajoittuivat 24.4.–4.5. väliseen aikaan. Viikissä oli keväällä kuusi koeruutua, jotka sijaitsivat

**Taulukko 31.** Keväällä 1994 Viikistä korjattujen paalien raakakuitu- ja kivennäispitoisuudet sekä vertailuna koko kasvin arvot.

	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Koko kasvi	41,6	0,9	6,0	7,0	1,8	169	85	7
Paali 1	48,3	0,7	1,9	2,7	1,7	276	33	35
Paali 2	45,1	0,9	1,7	2,7	2,1	335	21	32
Paali 3	46,1	0,8	3,7	4,7	2,2	271	36	97

**Taulukko 32.** Viikin säätiedot korjuujaksolta 18.4.–5.5.1995. Vuorokautinen keskiarvo.

PVM	Ilman lämpötila, °C	Ilman suhteellinen kosteus, %	Sademäärä, mm
18.4.	5,3	89	
19.4.	6,0	83	2
20.4.	7,1	71	
21.4.	6,6	86	
22.4.	5,3	75	
23.4.	10,3	43	
24.4.	13,5	61	
25.4.	8,0	67	
26.4.	5,4	56	
27.4.	4,9	63	
28.4.	5,2	65	
2.5.	5,5	65	
3.5.	6,9	89	5
4.5.	9,9	81	
5.5.	6,0	97	

kenttäkoekartan mukaisesti (Liite 7). Koeruutujen pinta-alat olivat 242 m<sup>2</sup>:stä 341 m<sup>2</sup>:iin. Koeruuduista korjattiin toisen tuotantovuoden sato, joka oli edellisvuonna lannoitettu Typpirikas 1:llä noin 70 kg N/ha.

Ilma oli kylmää ja suhteellinen kosteus oli korkea huhtikuun 23. päivään asti (Taulukko 32). Roudan sulaminen kasvuston alta oli siten varsin hidasta eikä maa kantanut edes koeruutuniittokoneen painoa en-

nen kuin parin lämpimän päivän jälkeen.

Kokeet aloitettiin 24.4.1995 määrillä ruutujen biologinen sato. Kustakin koeruudusta otettiin neljä näytettä ajamalla ruudun poikki Haldrup 1500 -koeruutuniittokoneella. Jäljelle jäävän sängen pituudeksi oli säädetty viisi senttimetriä. Jokaisesta Haldrupilla kerätystä näytteestä otettiin kolme kosteusnäytettä, joiden kautta johdettiin kuiva-ainesadot. Näin saaduista neljästä arvosta laskettiin ruutukoh-

**Taulukko 33.** Biologiset sadot (kg ka/ha) Viikissä keväällä 1995, yksittäiset mittaukset sekä ruutukohtainen keskiarvo ( $\bar{x}$ ) ja keskihajonta (s).

Ruutu	Biologinen sato, kg ka/ha					$\bar{x}$	s
	1	2	3	4			
1	6 230	6 708	7 540	8 473	7 238	985	
2	7 976	7 298	6 468	7 743	7 371	665	
3	5 677	5 225	5 881	5 303	5 521	310	
4	6 285	5 747	6 622	5 685	6 085	448	
5	7 074	6 909	6 759	5 301	6 511	817	
6	6 562	6 223	7 660	7 144	6 897	635	

**Taulukko 34.** Viikin kevätkorjuukokeessa vuonna 1995 vertailut menetelmät sekä niillä korjattujen ruutujen numerot.

Menetelmä no	Koneketju	Koeruudut
menetelmä 1	niittomurskain JF, pyöröpaalain Junkkari	1, 4, 6
menetelmä 2	lautasniittokone Junkkari, pyöröpaalain Junkkari	2, 3, 5

taiset keskiarvot (Taulukko 33). Vaihtelu eri osanäytteiden välillä oli melko huomattavaa, kuten oheisesta taulukosta ilmenee.

Viikin korjuukokeissa verrattiin kahta eri korjuumenetelmää. Edellisvuoden (1994) kokemusten perusteella yhteistyössä ylihärmäläisen Junkkari Oy:n kanssa kehitettiin lautasniittokoneeseen karhotuspyörät. Menetelmän kaksi lautasniittokoneella tarkoitetaan tässä siten Junkkarin niittomurskainta, josta murskainosa oli poistettu ja koneen taakse oli liitetty kahdet karhotuspyörät puolelleen karhottamaan koneen niittämää kasvustoa (Taulukko 34).

Viikin korjuukokeet etenivät siten, että 27.4. korjattiin ensimmäiset kaksi koeruutua (ruudut 3 ja 4), 28.4. korjattiin seuraavat kaksi (ruudut 1 ja 2) ja viimeiset kaksi (ruudut 5 ja 6) korjattiin 4.5. Kunakin päivänä toinen ruuduista korjattiin menetelmällä yksi ja toinen menetelmällä kaksi. Korjuuajanjakson säätiedot käyvät ilmi taulukosta 32.

Karhoja oli kaikissa korjatuissa ruuduissa kaksi ( $x_2$ ), Haldrup-ajojen määrä kutakin ruutua kohden oli neljä ( $x_1$ ). Paalatusadon määrä sekä ruutukohtainen tappiolähteiden määrittely tehtiin aiemmin selostetuista menetelmistä. (Laskukaavat ovat liitteessä 2.)

Normaaliolosuhteissa, joissa paalaus-kosteus oli alle 16 prosenttia, niittomurskaimen ja pyöröpaalauksen kokonaistappiot olivat noin 30 prosenttia (Taulukko 35). Vastaavasti karhotuspyörin varustetun lautasniittokoneen ja pyöröpaalauksen tappiot olivat noin 25 prosenttia. Mikäli kasvusto oli niitettäessä normaalia kosteampaa ja vielä paalattaessakin kosteus oli noin 20 prosenttia, päästiin molemmilla menetelmillä noin 15 prosentin korjuutappioihin. Kyseisen kosteuden vaikutukset saatujen paalien varastoitavuuteen jäi tässä tutkimuksessa selvittämättä. Tulosten yleistettävyyttä rajoittaa tässä tapauksessa kerranteiden vähyyt.

Toisaalta ruutukohtaiset tappiot jaotel-

**Taulukko 35.** Korjatut sadot (kg ka/ha) ja korjuutappiot (%) Viikissä keväällä 1995 tehdyssä konevertailussa. Niittomurskaus normaalilla, kaupallisella koneella, lautasniitto modifioidulla niittomurskaimella.

Menetelmä	Ruutu	Sadot, kg ka/ha		Tappio, %	Paalaus- kosteus, %
		Biologinen	Paalattu		
Niittomurskaus	1	7238	4877	33	13
Lautasniitto	2	7371	5358	27	15
Niittomurskaus	4	6085	4098	33	11
Lautasniitto	3	5521	4272	23	11
Niittomurskaus	6	6897	5970	13	20
Lautasniitto	5	6511	5406	17	20
Niittomurskaus	keski-	6740	4980	26	15
Lautasniitto	määrin	6470	5010	22	15

tiin työketjun eri vaiheisiin (Taulukko 36). Suurimmat tappiot muodostuivat karhotuksessa ja noukinnassa. Karhotustappioiden osuus on hieman alhaisempi karhotuspyörin varustetulla niittokoneella kuin normaalilla niittomurskaimella. Tämä johtunee kasvuston vähäisemmästä pilkkoonumisesta korjuun yhteydessä. Noukintappioiden osuudessa menetelmien välillä ei ole selkeää eroa, joskin pienet karhotustappiot johtavat korkeampiin noukintappioihin. Ruudussa 3 niitto on hieman epäonnistunut, mistä johtuen noukintappioiden osuus on alhaisempi kuin samalla menetelmällä korjatuissa ruuduissa 2 ja 5. Saadut tulokset ovat varsin yhdensuuntaisia edellisvuonna saatujen tulosten kanssa.

### Kivennäispitoisuudet

Tappioiden laatuvaikutusten selvittämiseksi paalaus- ja sidontatappioista sekä valmiista paaleista otettiin kivennäisnäytteet. Tulosten perusteella (Taulukko 37) paalauksen ja sidonnan aikaiset tappiot kohdistuvat pääasiassa lehtiin, mitä indikoi tappioiden alhainen raakakuitupitoisuus verrattuna paaleista otettuihin näytteisiin. Samansuuntainen johtopäätös voidaan tehdä verrattaessa tappiolajien ja paalien silikaatti- ja tuhkapitoisuuksia. Myös typpipitoisuudet indikoivat paalien sisältä-

vän tappioita korsipitoisempaa materiaalia. Rautamääritysten luotettavuutta heikentää mahdollinen kontaminaatio korjuukoneista ja näytteenottokairasta. Mangaani- ja kuparipitoisuuksissa erot eivät ole kaikissa tapauksissa loogisia.

Paalien pitoisuuserojen perusteella voidaan olettaa koekentällä kasvaneen raaka-aineen olleen varsin heterogeenistä. Mikäli tarkastellaan ruutujen sijaintia kenttäkoekartasta (Liite 7) ja sijoitetaan siihen ruuduilta saatujen paalien silikaatti- ja tuhkapitoisuudet sekä korjuukosteudet, havaitaan vierekkäisiltä, samassa kosteudessa korjatuilta ruuduilta tehtyjen paalien sisältävän lähes saman määrän em. ainesosia.

### **4.2.3 Vihdin kokeet 1995**

Vihdissä oli keväällä 1995 12 koeruutua, jotka sijaitsivat kenttäkoekartan mukaisesti (Liite 5). Koeruutujen pinta-alat olivat 622 m<sup>2</sup>:stä 683 m<sup>2</sup>:iin. Koeruuduista korjattiin toisen kasvukauden sato, eli ensimmäisen tuotantovuoden sato. Edellisvuonna kasvusto oli lannoitettu Typpirikas 1:llä antaen noin 80 kg N/ha.

Kokeet suoritettiin ajanjaksolla 5.5.–18.5.1995. Kokeiden viimeistä kolmannelta häiritseviin keväen sateinen sää, joka keskeytti korjuukokeet viikoksi. Korjuuajan sää-

**Taulukko 36.** Ruutukohtainen tappioiden jakautuminen työkeijun eri vaiheisiin Viikin kokeessa keväällä 1995 sekä menetelmäkohtaiset keskiarvot. Tulokset ilmaistu prosentteina ruudun kokonaistappioista, vaakarivin summa 100 %.

Menetelmä	Ruutu	Tappiolähde, % kokonaistappioista					
		Niitto	Karhotus	Noukinta	Paalaus	Sidonta kammio	Sidonta noukin
Niittomurskaus	1	2	38	47	9	2	2
Lautasniitto	2	2	32	53	7	4	3
Niittomurskaus	4	2	36	51	7	2	2
Lautasniitto	3	7	32	49	7	2	2
Niittomurskaus	6	2	39	49	7	2	1
Lautasniitto	5	2	36	51	7	2	2
Niittomurskaus	Keski-	2	38	49	8	2	2
Lautasniitto	määrin	4	34	51	7	3	2

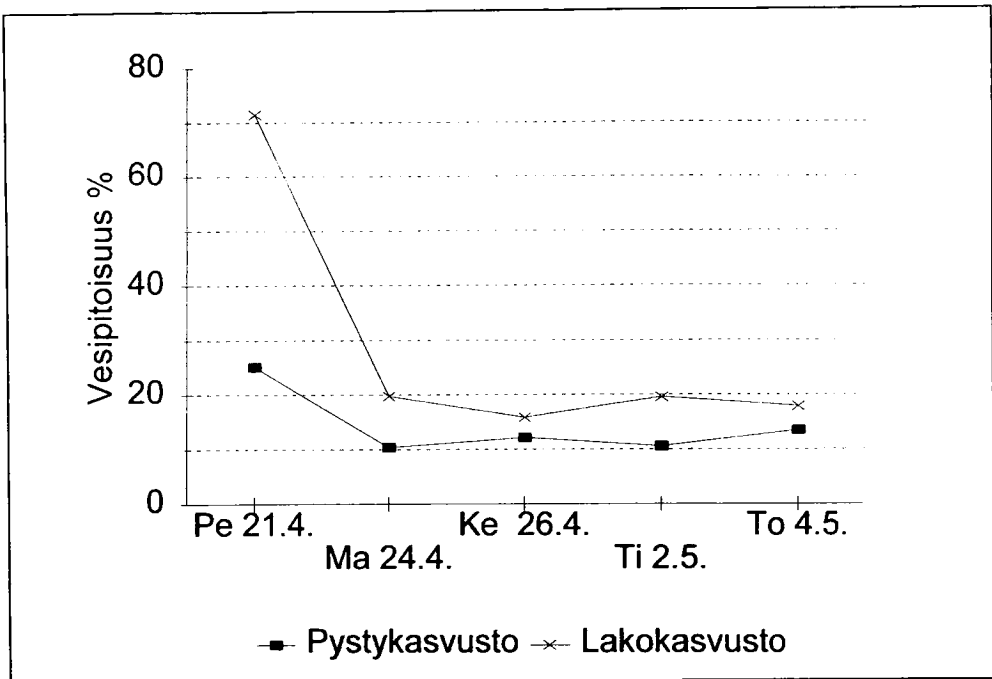
**Taulukko 37.** Paalaus- ja sidontatappioista sekä valmiista paaleista otettujen näytteiden raakakuitu-, typpi- ja kivennäispiitoisuudet.

Ruu- tu	Mene- telmä	Kohde	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
1	Murskain	Paalaus	34,0	1,47	10,2	12,2	3,8	1786	17,1	12,0
		Sidonta	43,9	0,86	5,3	6,4	2,2	443	10,7	7,7
		Paali	48,1	0,59	4,0	4,7	1,8	179	85,3	5,9
2	Lautanen	Paalaus	38,7	1,27	7,6	9,1	3,7	857	19,1	10,0
		Sidonta	39,1	1,13	7,4	8,7	3,2	1013	14,6	5,6
		Paali	45,6	0,72	4,7	5,2	1,4	262	10,3	7,1
4	Murskain	Paalaus	38,8	1,08	6,5	7,9	2,8	1257	43,4	9,3
		Sidonta	45,9	0,69	3,6	4,5	1,6	536	28,0	7,6
		Paali	47,6	0,59	2,1	2,6	1,2	225	13,1	5,7
3	Lautanen	Paalaus	40,2	1,03	8,0	9,6	3,8	2023	53,9	11,3
		Sidonta	44,1	0,78	4,5	5,7	2,2	1001	41,1	8,8
		Paali	48,4	0,61	2,1	2,7	1,2	317	14,9	6,2
*6	Murskain	Paalaus	30,1	1,08	23,7	26,1	5,7	4516	99,1	16,6
		Sidonta	44,6	0,82	5,1	6,0	2,0	577	58,7	8,4
		Paali	46,4	0,67	3,1	3,8	1,5	765	22,0	11,3
5	Lautanen	Paalaus	40,6	1,13	7,4	9,0	3,8	1540	70,2	10,8
		Sidonta	43,9	0,89	5,6	6,9	2,8	701	77,8	8,8
		Paali	46,4	0,76	3,2	3,9	1,4	410	26,1	7,2

\* Paalaustappiosta otetusta näytteessä ollut maa-ainesta

kin korjuukokeet viikoksi. Korjuuajan sää-  
tiedot on esitetty taulukossa 38. Ennen kor-  
juun aloitusta seurattiin kasvuston  
vesipitoisuutta (kuva 2).

Kokeet aloitettiin 5.5.1995 määrittämäl-  
lä ruutujen biologinen sato. Menetelmä oli  
sama kuin Viikissäkin sillä poikkeuksella,  
että koeruutua kohden otettiin viisi



Kuva 2. Kasvuston vesipitoisuuden kehittyminen Vihdissä keväällä 1995.

doissa oli huomattavasti suurempaa kuin Viikissä (Taulukko 39).

Korjuumenetelmiä piti alkuperäisen koesuunnitelman mukaan olla neljä. Tällöin kullakin menetelmällä olisi korjattu kolme ruutua. Se, että korjuumenetelmiä olikin viisi erilaista, on seurausta siitä, että alkujaan kokeeseen valittu koneketju (kela-silppuri Varsta + pyöröpaalain Orkel, menetelmä 5) ei osoittautunut toimivaksi käsiteltäessä niin kuivaa materiaalia kuin ruokohelpi on keväällä. Tästä syystä katsottiin, että sen käyttö kevätkorjuussa ei ole realistista ja se korvattiin kahdessa seuraavassa ruudussa lautasniittokoneella ja pyöröpaalaimella (menetelmä 1 taulukossa 40).

Menetelmän 1 koneistuksena oli siis lautasniittokone ja kiinteäkammioinen pyöröpaalain, molemmat kotimaista Junkkarin tuotantoa. Lautasniittokone oli sama niittomurskaimesta modifioitu malli, joka oli käytössä Viikissä. Koeruudut korjattiin siten, että ruudut niitettiin ilman karhotusta ja paalattiin ajamalla paalaimen kanssa koko ruutu ylitse noukkimen kulkiessa kertaalleen ruudun joka kohdan yli. Menetelmä yksi korvasi menetelmän viisi ensimmäisen korjuupäivän jälkeen.

mäisen korjuupäivän jälkeen.

Menetelmässä kaksi oli koneistus ja työmenetelmät muuten täysin samat kuin yksösmenetelmässä, mutta koeruudut karhotettiin niiton jälkeen YLÖ 280-kelapöyhimellä. Muodostetut karhot paalattiin normaalisti Junkkarin pyöröpaalaimella.

Menetelmässä kolme kasvusto niitettiin nostolaitekiinnitteisellä Nokka Grassliner 240-niittomurskaimella. Murskain säädettiin mahdollisimman vähän kasvustoa käsitteleväksi. Murskaimen muodostamat karhot paalattiin.

Menetelmässä neljä kasvusto niitettiin Sampo Rosenlew -leikkuupuurilla. Puimurin puintikoneisto oli säädetty mahdollisimman avaraksi, jotta materiaalia silputtaisiin niin vähän kuin suinkin mahdollista ja puimurin silppuri oli kytketty pois toiminnasta. Puimurin jäljiltä muodostunut karho paalattiin.

Kustakin koeruudusta kasvusto korjattiin valitulla korjuumenetelmällä, saadut paalit punnittiin ja paaleista otettiin poraamalla kosteusnäytteet. Kosteusnäytteiden perusteella laskettiin paalien kuivapainot. Niitä verrattiin koeruudun biologiseen sa-



**Taulukko 38.** Säätiiedot Vihdistä kevään 1995 seurantajaksolta. Vuorokautinen keskiarvo.

PVM	Ilman lämpötila, °C	Ilman suhteellinen kosteus, %	Sademäärä, mm
5.5.	15,3	73	
6.5.	10,5	83	
7.5.	11,4	70	
8.5.	8,1	71	
9.5.	5,5	61	
10.5.	5,3	54	
11.5.	2,1	87	7 lumena
12.5.	3,5	85	
13.5.	9,0	50	
14.5.	3,3	85	35 lumena
15.5.	3,6	88	1
16.5.	8,1	62	
17.5.	8,5	70	
18.5.	9,9	91	8
19.5.			14

**Taulukko 39.** Ruokohelven biologiset sadot (kg ka/ha) Vihdissä keväällä 1995, yksittäiset mittaukset sekä ruutukohtainen keskiarvo ( $\bar{x}$ ) ja keskihajonta (s).

Ruutu	Biologiset sadot, kg ka/ha					$\bar{x}$	s
	1	2	3	4	5		
1	6 465	7 077	6 582	7 611	6 872	6 921	455
2	5 241	6 532	7 138	7 087	7 529	6 705	892
3	5 047	6 818	6 361	7 601	7 011	6 568	959
4	6 630	7 640	8 219	8 127	6 717	7 467	757
5	8 268	5 853	7 686	7 456	7 699	7 392	911
6	7 123	6 767	5 960	6 845	6 842	6 708	439
7	8 226	7 149	7 374	6 202	6 092	7 009	884
8	9 006	7 072	5 221	7 515	6 184	6 999	1 425
9	5 539	7 233	6 438	6 574	7 469	6 651	758
10	6 383	6 003	5 521	5 733	5 411	5 810	392
11	5 503	5 380	5 731	5 542	4 744	5 380	377
12	7 081	6 211	6 072	5 414	5 871	6 130	611

**Taulukko 40.** Vihdissä keväällä 1995 korjuussa käytetyt menetelmät ja eri menetelmillä korjatut ruudut.

Menetelmä no	Koneketju	Koeruudut
menetelmä 1	lautasniittokone Junkkari, pyöröpaalain Junkkari	1, 9
menetelmä 2	lautasniittokone Junkkari, kelapöyhin Ylö, pyöröpaalain Junkkari	2, 7, 11
menetelmä 3	niittomurskain Grassliner, pyöröpaalain Junkkari	3, 5, 10
menetelmä 4	leikkuupuimuri Sampo, pyöröpaalain Junkkari	4, 6, 12
menetelmä 5	kelasilppuri Varsta, pyöröpaalain Orkel	8

toon, jolloin näiden lukujen erotuksesta saatiin korjuutappio ja voitiin edelleen laskea ruutukohtaiset tappioprocentit.

Vihdin menetelmävertailu aloitettiin 9.5.1995 korjaamalla toisen kerranteen neljä ruutua, nimittäin ruudut 5–8. Seuraavana päivänä korjuu jatkui ensimmäisen kerranteen ruuduilla 1–4. Ruudut 9 ja 11 kolmannelta kerranteesta korjattiin 11.5., minkä jälkeen 35 mm:n sade keskeytti korjuuko-keet viikoksi. Viimeiset ruudut 10 ja 12 korjattiinkin todella kosteissa olosuhteissa vasta 18.5. Ruudussa 10 paalausasteus olikin lähes 30 prosenttia (Taulukko 41).

Normaalissa korjuukosteudessa keskimäärin pienimpiin tappioihin päästiin lautasniittokone pyöröpaalain menetelmällä sekä yhdistämällä edellisiin erillinen kelapöyhimellä tehtävä karhotus. Jälkimmäisen menetelmän kohdalla hajonta on kuitenkin varsin suurta, nimittäin 10:stä 41:een prosenttiin (Taulukko 41). Puimurilla kuiva kasvusto murskautui tarpeettoman paljon ja tappioiden määrä oli suuri. Samoin suoraan paalaimen kammioon puhaltavalla niittosilppurilla korjattaessa tappiot olivat suuret eikä kone toiminut kunnolla.

Normaalilla niittomurskaimella niitettäessä kokonaistappiot olivat kuivalla materiaalilla keskimäärin 30 prosenttia, sen sijaan viimeisten ruutujen ollessa normaalia huomattavasti kosteampia putosi tappioiden määrä radikaalisti ollen noin yhden prosentin. Sama ilmiö toistui puimurilla niitetyssä ruudussa. Kyseisten ruutujen materiaalin kosteus on kuitenkin vaarallisen korkealla tasolla ajatellen materiaalin pitkä-

aikaista varastointia. Materiaalin paalausasteudella näyttäisikin olevan vaikutusta kevätkorjuussa syntyviin kokonaistappioihin. Tappioprocentteja tarkasteltaessa on kuitenkin muistettava biologisen sadon määrityksen suuri hajonta.

Korjuutappioiden lähteiden yksilöimiseksi koko korjuun ajan kerättiin tappionäytteitä aiemmin selostetuilla menetelmillä. Näytteet kerättiin niittotappiosta, karhotustappioista, noukintappiosta ja paalustappioista, jotka jaoteltiin edelleen varsinaisen paalauksen ja sidonnan aikaisiin tappioihin. Näytteiden keräys toteutettiin samalla tavalla kuin Viikin kokeissa.

Menetelmien sisäinen vaihtelu tappioiden jakautumisen suhteen oli varsin pientä. Menetelmien väliset erot tappioiden kohdistumisessa tiettyyn vaiheeseen ovat siten selkeästi havaittavissa. Niittotappio-osuus on suurin puimurilla, vaikka se oli varustettu laonnostokynsin. Muilla menetelmillä niittotappiot olivat likipitään samaa tasoa (Taulukko 42).

Noukin- ja karhotustappioita ei voida suoraan verrata eri menetelmien osalta. Toisissa menetelmissä, eli menetelmissä 1 ja 5 ei nimittäin pyritäkään muodostamaan karhoa. Menetelmissä 1–4 karhotus- ja noukintappioiden yhteenlaskettu osuus kuvastaa kuitenkin menetelmän karhonomuodostusta.

Niittomurskain on Vihdissä toiminut huomattavasti aikaisempaa paremmin karhotuksessa, sillä karhotustappioiden osuus on pienempi kuin aikaisemmissa kokeissa.

**Taulukko 41.** Menetelmittäin (Taulukko 40) esitetyt ruutukohtaiset satotulokset (kg ka/ha), kokonaistappioprocentit ja niiden keskiarvot kaikkien ruutujen ja kuivan kasvuston (kuiva) osalta sekä paalausosteudet Vihdin kevätkorjuukokeessa 1995.

Menetelmä	Ruutu	Biologinen	Sadot, kg ka/ha			Tappiot, %		Paalausosteus, %
			$\bar{x}$	Paalattu	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	
1	1	6921	6790	5042	5040	27	26	11
	9	6651		5042		24		6
2	2	6705	6360	5099	4680	24	25	12
	7	7009		4103		41		10
	11	5380		4849		10		12
3	3	6568	6590	4608	5020	30	22	10
	5	7392		4721		36	33 (kuiva)	9
	10	5810		5724		1		27
4	4	7467	6770	4270	4100	43	39	9
	6	6708		3127		53	48 (kuiva)	10
	12	6130		4895		20		22
5	8	6999		3838		45	45	21

**Taulukko 42.** Ruutukohtainen tappioiden jakautuminen työketjun eri vaiheisiin Vihdin kokeessa keväällä 1995. Tulokset ilmaistu prosentteina ruudun kokonaistappioista, vaakarinvin summa 100 %. Viiva (–) merkitsee, ettei kyseistä tappiolajia määritetty. Menetelmät taulukossa 40.

Menetelmä	Ruutu	Tappiolähde, % kokonaistappioista				
		Niitto	Karhotus	Noukinta	Paalaus	Sidonta
1	1	1	–	86	10	3
	9	3	–	77	18	2
2	2	3	33	50	12	2
	7	2	43	45	7	2
	11	4	33	54	6	2
3	3	2	9	78	9	2
	5	2	7	83	5	2
	10	7	12	68	10	2
4	4	13	24	53	8	2
	6	10	21	60	7	1
	12	3	*	95	1	0
5	8	0	–	–	78	22

\*Karhotustappioita ei kyetty imuroimaan, koska kasvusto oli liian märkää.

Sen sijaan kelapöyhimellä karhotustappiot muodostavat reilun kolmanneksen kokonaistappioista. Puimurilla karhotustappioiden osuus on yllättävän alhainen, sillä karho muodostui vapaasti seulastolta ja kohlililta putoavasta materiaalista.

Paalauksen aikaiset tappiot olivat suurimmat noukittaessa koko niitetty ala,

mikä oli hieman yllättävää, sillä kasvien voisi olettaa säilyvän varsin pitkinä, jolloin paalaimesta ei tulisi materiaalia ulos. Ilmeisesti materiaali kuitenkin jauhautui paalaimessa muita menetelmiä enemmän ja jauhautuneet, pienet kappaleet varisivat paalaimesta.

### 4.3 Yhteenveto korjuukokeista

Tehdyissä syyskorjuukokeissa ilmeni selkeästi korjuuajankohtaan liittyvä rajoite, nimittäin sateen suuri todennäköisyys elosyyskuussa. Sekä Vihdin koe että Viikin koe jouduttiin vuonna 1993 keskeyttämään runsaiden sateiden takia. Lisäksi korkea ilman suhteellinen kosteus hidasti sateen kasteluiden luokojen kuivumista.

Syksyllä 1994 Vihdissä koe tehtiin pääsääntöisesti suotuisissa olosuhteissa. Tuolloinkin kokeen keskeytti sadekuuro, mutta ilman suhteellinen kosteus oli muuten alhainen ja lämpötilat korkeita, joten koe kyettiin tekemään. Tappioiden suuruus syyskorjuussa määräytyi hyvin pitkälle luokokuivausajan perusteella. Luokokuivauksen tappiot olivat keskimäärin 20 prosenttia. Latokuivuriin loppukuivausta varten ajettu materiaali saatiin korjattua lähes puolta pienemmällä korjuutappioilla kuin luokokuivatusta materiaali.

Viikissä tehdyissä kevätkorjuukokeissa sääolot eivät haitanneet korjuuta. Rajoittavana tekijänä korjuun aloittamiselle oli maan kantavuus. Vuonna 1994 pellolle mentiin ilmeisesti hieman liian aikaisin, sillä ruuduille syntyi paikoitellen noin 10 cm syviä uria. Vuonna 1995 kantavuuden kanssa ei ollut ongelmia. Kahden ruudun korjuuta myöhästyi 5 mm sade, joka kasteli kasvustoa sen verran, että paalauskestaus oli 20 prosenttia. Tällöin tappiot laskivat vertailluilla koneilla. Niittomurskainta käytettäessä tappiot laskivat 33:sta 13 prosenttiin ja lautasniittokoneella 25:stä 17 prosenttiin.

Poikkeukselliset sääolot keväällä 1995 keskeyttivät Vihdissä suoritettua kokeen viikoksi. Satanut lumi kasteli sekä kasvuston että sulaessaan maan pinnan. Viimeiset ruudut korjattiinkin huomattavasti kosteampina kuin aikaisemmat. Tällöin havaittiin, että tappioprosentit laskivat radikaalisti. Niittomurskauksen osalta tappioprosentti laski keskimääräisestä 33:sta yhteen prosenttiin. Vastaavasti puimurilla niitettäessä tappioprosentti putosi keskimääräisestä 48:sta 20 prosenttiin.

Vertailu syys- ja kevätkorjuun välillä voidaan tehdä Viikistä vuoden 1993 sadosta sekä Vihdistä vuoden 1994 sadosta. Jälkimmäisen sadon talvitappioita ei kuitenkaan voida luotettavasti vertailla, sillä lato- ja luokokuivausrutujen sato määritettiin erikseen. Biologinen sato syksyllä 1994 olisi näiden keskiarvo, eikä vastaavalta alueelta määritetty kuin kevätkorjuun biologinen sato.

Viikissä biologisena satona voitiin käyttää keväällä korjattujen ruutujen vieressä sijainneiden syyskorjuuruutujen keskiarvoa (Taulukko 43). Tällöin talvitappioksi muodostui noin 17 %. Biologinen sato oli siten keväällä 7,8 t ka/ha. Korjuutappioiden jälkeen kevät-sato oli 50 % syksyn biologisesta sadosta.

Vastaava vertailu Vihdissä niittomurskain-pyöröpaalain -ketjulla tehdyistä kokeista osoitti satotason olleen alhaisemman kuin Viikin kokeissa. Syyskorjuussa biologinen sato oli keskimäärin noin 8 t ka/ha (Taulukko 44). Paalattu sato oli syksyllä noin 6,5 t ka/ha. Keväällä korjattavissa oleva sato oli myös noin 6,5 t ka/ha. Kevätkorjuussa tappiot olivat pienemmät ja paalattu sato oli siten korkeampi kuin Viikissä. Vihdissä kevätkorjuun paalattu sato oli noin 5 t ka/ha.

Verrattaessa syys- ja kevätkorjuun tappioprosenttia tai talteen saatua satoa tulee ottaa huomioon epävarmuus, mikä liittyy sekä biologisen perussadon että paalattun sadon määrittämiseen. Taulukoissa 43 ja 44 esitetyt satotulokset laskettiin tehtyjen määritysten keskiarvona. Hajonnat kunkin kokeen osalta olivat suuret. Toisaalta paalattuun satoon vaikutti kasvuston kosteuspitoisuus, sillä käytetyillä menetelmillä tappioprosentit olivat taulukossa 44 esitetyjä alhaisemmat niitettäessä noin 20 %:sta kasvustoa kuin kosteuden ollessa 10 %, kuten aiemmin todettiin.

Mikäli tarkastellaan paalattun sadon ja hehtaaria kohden saatavissa olevan sellun määrää, voidaan todeta kevätkorjuulla päästävän Vihdissä tehdyn vertailun perusteella lähes samalle tasolle syyskorjuun kanssa. Syyskorjuussa luokokuivatusta ma-

**Taulukko 43.** Ruokohelven biologinen sato syksyllä (1993) ja keväällä (1994), tappiot talven aikana sekä korjattu sato keväällä. Sama kasvusto Viikissä. Kolmen ruudun keskiarvo pyöristettynä.

	kg ka/ha	%
Biologinen sato syksyllä 1993	9400	100
Talvitappio 1993–1994	-1600	-17
Biologinen sato keväällä 1994	7800	83
Korjuutappio kevätkorjuussa 1994	-3100	-40
Korjattu sato keväällä 1994	4700	50

**Taulukko 44.** Niittomurskauksen satotasot, korjuutappiot ja keskimääräinen paalausosteus korjattaessa syksyllä ja keväällä. Vihdin kokeet 1994 ja 1995 samassa kasvustossa. Tulokset pyöristetty.

	Sadot, kg ka/ha		Korjuutappiot, %	Paalausosteus, % (w.b.)
	Biologinen	Paalattu		
Syyskorjuu				
– lato	7800	6850	12	21
– luoko	8100	6360	21	16
Kevätkorjuu	6590	5020	22	15

terialista voidaan laskea saatavan noin 2,6 t sellua/ha ja kevätkorjuussa noin 2,3 t sellua/ha. Kyseiset arvot perustuvat aiemmin esitettyihin keittotuloksiin, joiden perusteella paalatulle, syyskorjatulle materiaalille voidaan käyttää saantona 41 prosenttia ja kevätkorjatulle 46 prosenttia.

Suurimmat korjuutappiot muodostuivat karhotuksessa ja noukinnassa. Niittomurskaimella karhotustappioiden osuus oli 30–40 prosenttia kokonaistappioista Viikissä tehdyissä kokeissa. Noukintatappioiden osuus vaihteli vähemmän ollen keskimäärin 50 prosenttia. Kokonaistappioista niiton osuus oli vähäinen vaihdellen 2–10 prosenttiin. Samoin paalaustappiot olivat vain 10–14 prosenttia kokonaistappioista. Pääosa tappioista muodostui karhotuksen ja noukinnan yhteydessä, joten huomio kiinnitettiin näiden tappioiden vähentämiseen. Vihdissä tehdyissä kokeissa tappiojakauma oli niittomurskauksessa täysin erilainen. Karhotustappioiden osuus oli keskimäärin 10 prosenttia kokonaistappioista. Poikkeama tuloksissa selittynee eri

koepaikoissa käytettyjen koneiden eroilla.

Kevääksi 1995 kehitettiin karhotuspyörät, jotka asennettiin lautasniittokoneeseen. Karhotustappioiden osuus laski hieman verrattuna normaaliin niittomurskaimeen. Ilmeisesti kasvusto pilkkoontui vähemmän korjuun yhteydessä. Noukintatappioiden osuudessa menetelmien välillä ei ollut selkeää eroa, joskin pienemmät karhotustappiot johtivat korkeampiin noukintatappioihin. Lautasniitto epäonnistui hieman, sillä niittotappiot olivat sillä suhteellisesti suuremmat. Niittomurskauksella saadut tulokset olivat yhdensuuntaisia edelliskeväänä Viikistä saatujen tulosten kanssa.

Paaleista otettujen näytteiden perusteella pääosa tappioista kohdistui joko lehtiin tai tuppiin, sillä paaleissa olevan materiaalin ominaisuudet olivat kuitu-, silikaatti- ja tuhkapitoisuudeltaan paremmat kuin koko kasvin ominaisuudet. Sekä Viikin kokeesta keväältä 1994 että vuoden 1995 kokeesta tehdyt analyysit varmistivat paalauksen tappioiden kohdistuvan ruokohelven pro-

sessiteknisesti huonoimpiin osiin. Paaleista otettujen näytteiden perusteella raakakuitupitoisuus nousee korjuussa tasolle 46–48 % kuiva-aineesta, kun se käsittelemättömästi kasvustosta kerätyissä näytteissä oli keskimäärin 44 %. Paalien väliset vaihtelut johtuivat pääosin tappioiden erilaisesta kohdistumisesta eri ruuduissa. Yksi paali poikkesi kahdesta muusta paalista verraten paljon, koska kyseisellä ruudulla karhotus- ja noukintatappioiden osuus oli suurin.

Kivennäismääritys tehtiin ainoastaan Viikin kokeesta keväällä 1994 ja keväällä 1995 kerätyistä näytteistä. Keväällä 1994 analysoitiin seitsemässä eri työvaiheessa muodostuneet tappionäytteet. Raakakuitusekä tuhka- ja silikaattipitoisuuksien perusteella karhotus- ja noukintatappioiden voitiin todeta kohdentuneen pääasiassa lehtimäiseen materiaaliin. Samoin sidonnan aikana paalainkammioista varissut materiaali oli lehtimäistä. Sen sijaan sidonnan aikaisista tappioista noukkimen eteen varissut materiaali ja paalauksen aikaiset tappiot kohdistuivat korsimateriaaliin. Niittotappiot kohdistuivat luonnollisesti korsiin.

Keväällä 1995 analysoitiin ainoastaan paalauksen ja sidonnan aikaisista tappioista otetut näytteet. Paalauksen aikaiset tappiot kohdistuivat edellisvuodesta poiketen lehtimäiseen materiaaliin. Sidonnassa taasen tappiot olivat kuitupitoisempia sekä kivennäispitoisuudeltaan lähempänä korsimaista materiaalia. Ero edellisvuoden tuloksiin selittyy erityyppisellä paalaimella. Keväällä 1994 kokeissa käytettiin muuttuvakammioista paalainta ja keväällä 1995 kiinteäkammioista paalainta.

Raakakuidun ja sellusaannon välinen korrelaatio on ilmeinen, joten raaka-aineen käytön kannalta paalauksella on selkeä raaka-ainetta parantava vaikutus. Toisaalta paalaus vaikuttaa silikaatti- ja tuhkapitoisuuksiin sekä kaliumin määrään alentavasti. Käytännön mittakaavassa voidaan siten päästä laadun kannalta parempaan lopputulokseen kuin käsittelemättömän raaka-aineen analyysitulokset antavat olettaa.

## 5 Tilavarastointi

Varastoinnin kannalta olennaista on, että materiaali säilyy määrällisesti, mutta varsinkin laadullisesti käyttökelpoisena. Varastoinnissa materiaalin on säilyttävä siten, että kuitu on laadultaan käyttökelpoista paperin valmistukseen. Lisäksi varastoidun materiaalin jatkokäsittely ei saa aiheuttaa terveystarpeita, ts. on otettava huomioon mahdolliset varastoinnin aikana kasvaneet homesienet ja bakteerit. Myös paalien käsittelyn ja siirron logistiikan on oltava mahdollisimman yksinkertainen. Yhtenä tärkeänä vaatimuksena on vielä mahdollisimman alhaiset varastointikustannukset.

Pyöröpaalit ovat mahdollistaneet oljen ja heinän ulkovarastoinnin. Jenkinsin (ref. Nilsson 1991) ja Stromeyerin (ref. Nilsson 1991) mukaan pyöröpaalit sietävät sadetta paremmin kuin kanttipaalit. Kanttipaalien ulkovarastointi ilman peitettä ei onnistu. Paalit kastuvat nopeasti sateella, joten ne pitäisi suojata mahdollisimman pian. Pyöröpaalissa biomassa on ohuena, tiiviinä mattona kuten paperirullassa, joten pyöröpaalin pinta muodostaa kohtalaisen hyvän sadesuojan. Kanttipaali koostuu ohuista suorakaiteen muotoisista viipaleista. Sen pinta ei ole yhtenäinen eikä tiivis, joten vesi tunkeutuu kanttipaaliin helpommin kuin pyöröpaaliin.

Hengitys ja mikrobin toiminta aiheuttavat varastoinnin aikana korsimateriaalin määrällisiä ja laadullisia tappioita. Varastointitappioita ovat myös materiaalin siirrossa niin varastoon kuin varastosta kuljetusvälineeseen syntyneet hävikit.

Latoon varastoidun heinän kuiva-ainetappio on ensisijaisesti heinän kosteuden funktio, johon vähemmän vaikuttaa paalin tiheys ja sadon kehitysaste (Buckmaster *et al.* 1989). Suurin tappion syy on mikroorganismien hengitys (bakteerit, sienet ja hiivat). Hengityksessä kasvisolukon hiilihydraatit ja happi muuttuvat hiilidioksidiksi, vedeksi ja lämmöksi. Nämä tuotteet ovat kuiva-ainetappiota. Kun heinän kosteus on alle 15 %, heinä on vakaassa tilassa ja hengi-

tys on hyvin pientä. Kosteammassa heinä-ssä mikrobihengitys aiheuttaa materiaalin lämpenemistä ensimmäisten 3–5 viikon varastointiaikana.

Varastoitavassa materiaalissa olevien homesienten ja tiettyjen bakteerien kasvu mahdollistaa itiöiden muodostumisen. Käsiteltäessä materiaalia itiöitä vapautuu hengitysilmaan ja osa niistä joutuu keuhkoihin. Suuren itiömäärän ja pitkäaikaisen altistumisen myötä seurauksena voi olla pahimmassa tapauksessa työntekijän sairastuminen homepölykeuhkoon. Homeita voi olla enemmän paalin sisäosassa kuin pintaosassa. Siten paaleja purettaessa esim. silppuamalla pölyriski on huomattavasti suurempi kuin käsiteltäessä paaleja kokonaisina (Hadders 1989).

## 5.1 Käsitely varastointikelpoiseksi

Alkaliset keittomenetelmät, kuten tässä tutkimuksessa käytetyt sooda-antrakini- ja sulfaattikeitto, edellyttävät raaka-aineen olevan happamuudeltaan lähellä neutraalia tai lievästi emäksistä, mikä sulki perinteiset säilörehumenetelmät tutkimuksen ulkopuolelle.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin kokeellisesti kolme eri vaihtoehtoa syyskorjatun ruokohelven varastointikelpoiseksi saamiseksi. Luoko- ja latokuivauksen kokeet tehtiin Vihdissä MTT VAKOLAssa elokuun ensimmäisellä viikolla 1994. Osa ruokohelvestä kuivattiin pellolla varastokuivaksi ja osa loppukuivattiin ulkona kevytrakenteisessa pyöröpaalikuivurissa. Ureasäilöntäkoetta tehtiin Viikissä syksyllä 1993 varsinaisten korjuukokeiden päätyttyä.

### 5.1.1 Ruokohelven luokokuivaus

Latokuivuriin menevän sekä luo'olla kuivatun materiaalin kosteus (Kuva 3) oli mitetäessä 63 %. Kahdessa vuorokaudessa latokuivuriin menevä tavara oli kuivunut 22 % kosteuteen, joten materiaali oli jo liian kuivaa tavoitteeseen nähden. Loputkin

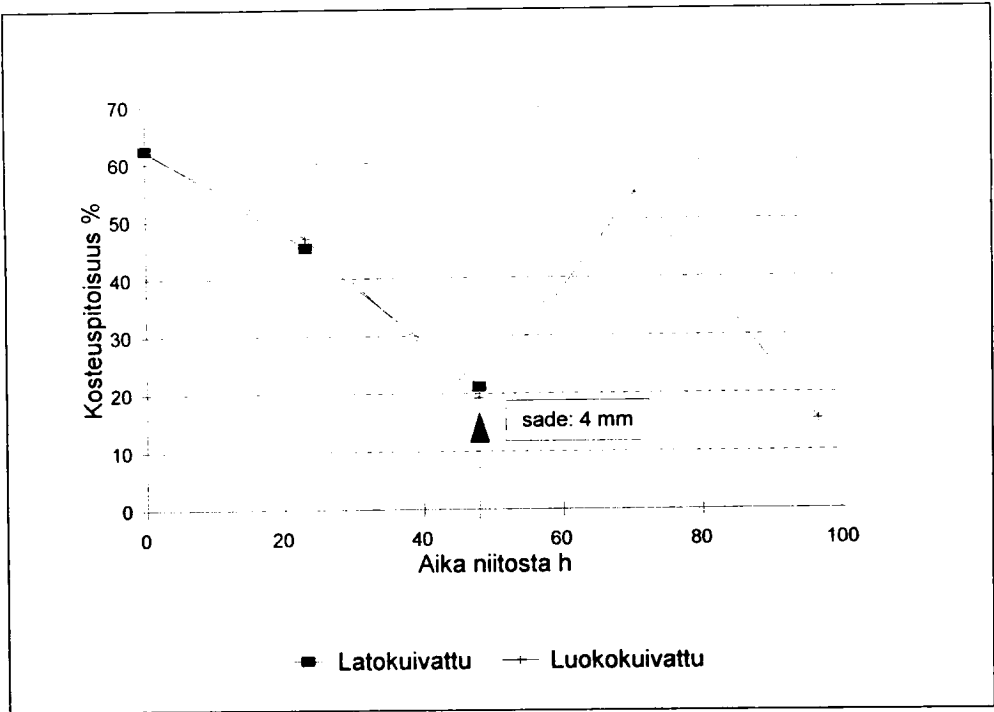
koeruudut olisi paalattu samana iltapäivänä ellei sadekuuro olisi yllättänyt. Sateen myötä luokokuivattavien koeruutujen kosteus nousi 22 %:sta 55 %:iin. Kuitenkin jo vajaan kahden vuorokauden kuluttua sateesta ruokohelvi oli paalauskuivaa ja kosteus-% 16. Ruokohelven alhainen lähtökosteus ja toisaalta korjuuajankohdan hyvä sää nopeuttivat kuivumista.

### 5.1.2 Ruokohelven latokuivaus

Korjuujakson ajankohta elokuussa, korjuujakson pituus ja kasvuston pitkä kuivumisaika huomioonottaen on varsin todennäköistä, että ruokohelven kesäkorjuussa joudutaan turvautumaan biomassan koneelliseen kuivaukseen. Perinteisten heinäkasvien koneellisessa kuivauksessa pyöröpaalit kuivataan pääasiassa joko kotelomallisessa tai päälleajattavassa kuivurissa. Kotelomallisesta voidaan tehdä melko kevytrakenteinen pieniä kasattavia moduleita käyttäen. Päälleajettava kuivuri sen sijaan edellyttää järeää lattiarakennetta, mutta toisaalta päälleajattavan etuna voi olla sen monikäyttöisyys ja parempi toiminnallisuus verrattuna kotelomalliseen kuivuriin (Järvenpää & Maunu 1995).

Kuivurissa heinä kuivataan vähintään 18 % kosteuspitoisuuteen. Pyöröpaalutun heinä tiheys ei saisi nousta yli 150 kg/m<sup>3</sup>:ssä, koska silloin kuivattavan materiaalin aiheuttama vastapaine nousee liian suureksi ja joudutaan hankkimaan kalliit puhallinratkaisut (Suokannas 1991).

Käytetty ilmamäärä oli 5000 m<sup>3</sup> heinätonnia kohti staattisen paineen ollessa 400 Pa. Ilmamäärä oli kaksinkertainen verrattuna heinä latokuivauksessa käytettyyn ohjearvoon. Kuitenkin suuresta ilmamäärästä huolimatta vastapaine oli alhainen ja kuivausilma virtasi hyvin niin alimmaisen kuin ylimmäisenkin paalin läpi. Ruokohelven korsisuus helpottaa kuivausilman virtausta paalin läpi. Ruokohelven lato-kuivausta kokeiltiin varastointikokeen vertailupaaleja kuivattaessa. Paalien kosteuspitoisuus oli 22 % kenttäkuivuriin



Kuva 3. Kasvuston kosteuspitoisuus luokokuivauskokeessa Vihdissä syksyllä 1994.

laitettaessa. Vajaan vuorokauden kuivauksen jälkeen kosteuspitoisuus laski 12 %:iin.

### 5.1.3 Ruokohelven ureasäilöntä

Varastointikelpoisuudessa yhtenä koejäsenenä oli urealiuoksella säilöty ruokohelppi. Kyseinen helpierä niitettiin tutkimusalueen ruudutuksen yhteydessä elokuun 1993 alussa Viikin ruokohelpikentältä. Säilönnässä käytetty liuos valmistettiin sekoittamalla vesiliukoista ureaa lämpimään vesijohtoveteen. Urea liuotettiin veteen suhteessa 3/5 vettä ja 2/5 ureaa. Liuos annosteltiin paalauksen yhteydessä kovapaalaimen noukkimen päälle kiinniteytistä suuttimista massavirtaan. Välittömästi paalauksen jälkeen paalit peitettiin muovilla. Paalit säilyivät käyttökelpoisina kevääseen 1994, jolloin niiden pH oli noin 8,5.

Kokeen yhteydessä ei mitattu määrällisiä tappioita, vaan päähuomio kiinnitettiin säilöntätavan laatuvaikutusten selvittä-

miseen. Paaleista otettiinkin rinnakkaisnäytteet, jotka toimitettiin kivennäisanalyysiin ja keittokokeeseen.

### Kivennäispitoisuus

Ureasäilöty ruokohelppi vaikutti kuitumäärityksen perusteella varsin lupaavalta raaka-aineelta. Raakakuitupitoisuus oli 42,7 %, kun kuivatun kasvin raakakuitupitoisuus oli 35 % (Taulukko 45). Sen silikaatti- ja tuhkapitoisuus oli kuivattua kasvia alhaisempi. Typpipitoisuus ja kaliumin määrä olivat sen sijaan korkeammalla tasolla. Raudan, mangaanin ja kuparin määristä ei voida päätellä mitään.

### Keittyvyys ja massan ominaisuudet

Keittokokeissa saanto ei kuitenkaan merkittävästi eronnut kuivana säilötyyn massan saannosta - eroa oli kolme prosenttiyksikköä (Taulukko 46). Laadultaan sellut poikkesivat etenkin vaaleudessa, joka ureasäilötyllä oli 19,5 ISO ja kuivatulla kas-



**Taulukko 45.** Syksyllä 1993 Viikistä korjatun ruokohelven kivennäispitoisuudet sekä urealla varastoidun (urea) että kuivatun (koko kasvi) materiaalin osalta.

	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Urea	42,7	1,26	4,2	8,4	19,3	458	46	9,2
Koko kasvi	35,0	1,06	5,0	9,1	17,7	78	64	6,7

**Taulukko 46.** Viikistä syksyllä 1993 korjatun ruokohelven keittyvyys ja massan ominaisuuksia.

Urea, sulf. = ureasäilötty ruokohelppi, sulfaattikeitto  
Koko kasvi, sulf. = kasvi kokonaisena, sulfaattikeitto

	Saanto, %	Kappaluku	Viskositeetti	Jäännös pH	SR-luku	ISO- vaaleus	Kuitupituus, mm
Urea, sulf.	43,0	17	1143	11,5	36	19,5	0,6
Koko kasvi, sulf.	40,2	12	1280	12,0	38	24,5	0,6

villa 24,5 ISO. Myös kappaluku oli suurempi kuin kuivatulla kasvulla eli keittyminen oli hieman huonompaa kuin kuivatulla kasvulla. Kemikaalin kulutus on myös hieman suurempaa kuin verroilla, mitä indikoi alhaisempi jäännöslipeän pH. SR-luku oli samalla tasolla sekä kuivana säilötyllä että ureoidulla samoin keskimääräinen kuitupituus.

## 5.2 Paalien varastointikokeet

### 5.2.1 Esikoe Viikissä

Varastoinnin vaikutusten selvittämiseksi syksyllä 1993 MTT:n Keskuslaboratoriossa analysoitua ruokohelpeä toimitettiin analysoitavaksi uudestaan syksyllä 1994. Kyseinen helpierä oli korjattu Viikistä ja kuivattu latokuivurissa. Paalit oli varastoitu noin vuoden ajaksi Viikin opetus- ja koetilän laatoon.

### Kivennäispitoisuus

Koetulosten perusteella vuoden kestänyt varastointi sisätiloissa ei vaikuttanut heikentävästi raaka-aineen laatuun. Raakakuitupitoisuus oli varastoinnin jälkeen jopa hieman korkeampi kuin välittömästi korjuun jälkeen tehdyssä analyysissä (Taulukko 47). Typpi-, silikaatti-, tuhka- ja kaliumpitoisuuksissa erot olivat merkityksättömät. Rautapitoisuuden merkittävä nousu on jälleen seurausta mahdollisesta kontaminaatiosta näytteen otossa ja käsitelyssä käytetyistä välineistä.

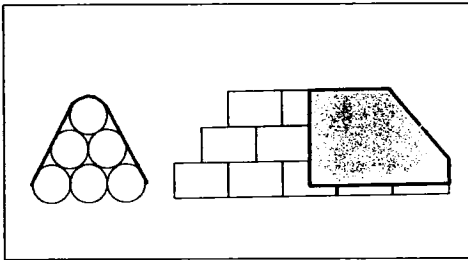
### 5.2.2 Varastointikoe Vihdissä

Loppukesällä 1.–7. elokuuta 1994 korjatuista paaleista 26 kpl varastoitiin ulos kasaan, josta puolet peitettiin pressulla ja toinen puoli jätettiin ilman peitettä. Kahdeksan latokuivattua paalia varastoitiin sisälle pystyasentoon ja kahteen kerrokseen. Ulos va-

**Taulukko 47.** Viikistä syksyllä 1993 korjatun ruokohelven kivennäspitoisuus välittömästi korjuun yhteydessä (syksy 93) sekä vuoden varastoinnin jälkeen (syksy 93/94) otetuissa näytteissä.

	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Syksy 93	35,0	1,1	5,0	9,1	17,7	78	64	7
Syksy 93/94	38,7	1,2	5,3	9,5	18,6	1819	47	106

rastoitu kasa (Kuva 4) oli päädyistä katsoen kolmion mallinen: kolme paalia rinnakkain vaippa sora-alustaa vasten, kaksi paalia toisessa kerroksessa ja kolmannessa kerroksessa yksi paali. Paalिकासan toinen pääty peitettiin pressulla. Kasan pituussuunta oli koillisesta lounaaseen.



**Kuva 4.** Ruokohelpipyöröpaalien varastointikokeen ulkoauama. Auman toinen pää oli peitetty pressulla.

Pilarityypistä, päältä katsoen kuusikulmion mallista varastoamaa ei tutkittu, koska katsottiin siinä ongelmaksi alustan tasaisuusvaatimus, työturvallisuus ja suojapeitteen paikallaan pysyminen. Suojapeitteen irtoa ja hajoaa helposti, jos talvi on leuto ja lumi sulaa irrottaen peitteen kiinnityksistään, jolloin muodostuu vesipusseja. Veden jäätyessä peite helposti repeää ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia.

Paaleista otettiin näytteitä 12 kk kestäneen varastoinnin aikana kolmena ajankohdana. Ensimmäinen näyteenottokerta oli kokeen alussa 17.8.1994, toinen 25.1.1995 ja kolmas 10.8.1995. Näytteistä määritettiin kivennäspitoisuudet, mikrobiologinen laatu sekä keitettävyyden ja massaominaisuudet. Lisäksi paalit punnittiin varastoitaessa ja varastointikokeen päätyessä, jotta voitiin las-

kea paalien tiheydet ja kuiva-ainetappiot. Laatusäytteet otettiin porakonekäyttöisellä kairalla. Toisen ja kolmannen näyteenottokerran kairaukset tehtiin paalin pintaosan 10 cm kerroksesta ja sisäosan 10–60 cm kerroksesta.

Ruokohelven paperiteknisten ominaisuuksien määrittämiseksi näytteitä otettiin varastointikokeen kiinnostavimmista vaihtoehdoista, jotta saataisiin vastaus siihen, mikä on 1) ulos ilman peitettä varastoitujen paalien sisäosan laatu, 2) pressulla peitetyn paalin pintakerroksen laatu ja 3) latoon varastoidun materiaalin laatu. Lisäksi otettiin näyte ulos ilman peitettä 3 kk varastoidun kevätkorjatun paalin sisäosasta.

Tutkimusjaksona lämpötila (Taulukko 48) poikkesi selvästi pitkän jakson normaaliarvoista. Varastointikokeen aikana keskilämpötila oli vajaan kaksi celsiusastetta korkeampi kuin 30 vuoden pitkäaikaisella jaksolla 1961–1990. Talven aikana lämpötila vaihteli nollan molemmilla puolilla ja osa lumesta tuli märkänä räntäsateena aiheuttaen ilman peitettä olleiden paalien pintaosan kastumista. Sademäärä varastointijakson aikana oli 839 mm, mikä oli 140 mm pitkän ajanjakson keskimääräistä arvoa suurempi.

Kokeessa selvitettiin varastointimenetelmän vaikutusta syyskorjatun ruokohelven kuiva-ainetappioihin. Latoon varastoitaessa kuiva-ainetappiot olivat merkityksettömiä (Taulukko 49), koska raaka-aine oli riittävän kuivaa varastoon laitettaessa. Ulos, ilman peitettä varastoitaessa kuiva-ainetappiot vaihtelivat 9–22,1 %:iin, joten paalien välillä vaihtelu oli suuri. Pressulla peitettyjen paalien tappiot vaihtelivat vähän. Materiaali kostuu ulkona lähin-

**Taulukko 48.** Keskilämpötila (°C) ja sademäärä (mm) ruokohelpipaalien varastointiaikana 17.8.1994–10.8.1995.

Kuukausi	Keskilämpötila, °C		Sademäärä, mm		Lumen syvyys 15. pnä
	Kokeessa	1961–1990	Kokeessa	1961–1990	
Elokuu	14,5	14,2	87	82	
Syyskuu	10,5	9,5	110	70	
Lokakuu	4,2	5,0	93	70	
Marraskuu	-0,8	-0,2	20	64	5
Joulukuu	-0,5	-4,7	70	51	
Tammikuu	-3,5	-7,7	62	39	5
Helmikuu	-0,8	-7,7	78	30	10
Maaliskuu	-0,1	-3,7	56	33	
Huhtikuu	2,5	2,5	26	34	
Toukokuu	9,5	9,6	116	33	
Kesäkuu	16,6	14,5	22	39	
Heinäkuu	15,5	16,0	32	72	
Elokuu	15,1	14,2	67	82	
Summa	6,4	4,7	839	699	20

**Taulukko 49.** Eri varastointimenetelmien kuiva-ainetappiot Vihdin varastointikokeessa.

Varastointimenetelmä	Kuiva-ainetappio, %	Luottamusväli 0,95
Konehallissa	1,1	0,6
Ulos, peitetty pressulla	2,1	1,6
Ulos, ilman peitettä	17,4	4,2

nä noin 10 cm paksuisessa pyöröpaalin vai-  
pan pintakerroksessa, jolloin voidaan olet-  
taa myös paalin halkaisijan vaikuttavan  
kuiva-ainetappioihin siten, että mitä suu-  
rempi halkaisija sitä alhaisempi on suhteel-  
linen kuiva-ainetappio.

Kun pyöröpaalin halkaisija on 1,2 m, on  
10 cm paksun ulkokerroksen osuus paalin  
tilavuudesta 31 %. Mikäli paalin halkaisija  
kasvaa 1,5 m:iin, on 10 cm paksun ker-  
roksen osuus paalin tilavuudesta 25 %. Pyö-  
röpaalin ulkokerroksen osuus  
kokonaismassasta on vielä em. lukuja isom-  
pi, jos paalit on paalattu kiinteäkammioista  
paalainta käyttäen, koska silloin ulkoker-  
ros on tiiviimpi kuin paalin keskiosa.

#### Kivennäispitoisuudet

Varastoitujen paalien typpi-, piidioksidi-,  
tuhka-, kupari-, mangaani- ja kaliumpitoi-  
suudet on esitetty taulukossa 50. Piidioksi-  
di- ja mangaanipitoisuudet ovat vaihdelleet  
paljon. Verrattaessa syyskorjattuja näyttei-  
tä kevätkorjatun, 3 kk ulkona varastoidun  
ruokohelven näytteisiin voidaan havaita  
merkittäviä eroja. Keväällä korjatun ruoko-  
helven typpipitoisuus oli 35 % alhaisempi  
kuin syyskorjatun. Sen sijaan mangaania oli  
kaksinkertainen määrä syyskorjattuun ver-  
rattuna. Kaliumia oli noin seitsemäsosa  
syyskorjatun määrästä.

**Taulukko 50.** Eri menetelmin varastoidun ruokohelven kivennäispitoisuus varastoitaessa ja 5 kk sekä 12 kk varastoinnin jälkeen. Luoko = luokokuivattu, lato = latokuivattu, pinta = ulos ilman peitettä varastoitu, 10 cm paksu paalin ulkokehän kerros, Prepin = ulos pressun alle varastoitu, 10 cm paksu paalin ulkokehän kerros. Ta = näyte 25.1.1995 ja elo = näyte 11.8.1995.

	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	Kalium, g/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Luoko	1,10	3,6	8,9	23,8	49	5,1
Pinta ta	0,93	3,7	9,1	23,1	30	4,9
Pinta elo	0,85	6,2	11,1	23,0	42	5,2
Prepin ta	1,11	6,3	10,7	17,4	72	5,1
Prepin elo	1,20	3,0	8,6	25,3	50	5,2
Lato	0,99	3,9	9,1	23,9	37	5,0
Lato ta	0,94	4,8	9,6	21,1	73	4,5
Lato elo	0,98	3,3	8,9	25,1	42	5,2

### Mikrobiologinen laatu

Varastointikokeessa olevien ruokohelpipaalien lämpötilat mitattiin kahden viikon kuluttua paalauksesta. Eri menetelmin varastoitujen paalien lämpötilat olivat varsin lähellä mittaushetken ulkolämpötilaa, joten lähtökohta kuitukasvin yli talven jatkuvalle varastoinnille oli ainakin hyvä. Kuuden viikon kuluttua paalauksesta ulos ilman pressua varastoitujen muutamien ruokohelpipaalien lämpötila oli noussut 6,5–20 °C yli ulkolämpötilan, joten ainakin meso- ja xerofiilille sienille oli hyvä kasvualusta.

Paalikuivurissa kuivattujen ja sisälle laatoon varastoitujen paalien mikrobiologinen laatu on pysynyt kohtalaisen hyvänä vuoden kestäneen varastoinnin aikana. Ainoastaan mesofiilisten bakteerien määrä on ollut iso heti varastointikokeen alkaessa (Kuva 5).

Ulos ilman peitettä sekä myötöpäivään että vastapäivään varastoitujen paalien pintaosassa mesofiilisiä ja xerofiilisiä sieniä oli huomattava määrä jo viiden kuukauden varastoinnin jälkeen (Kuva 5). Samana jaksona termotoleranttien sienten ja termofiilisten bakteerien määrä oli alhainen. Lopputalven ja kesän aikana em. sienten ja bakteerien määrä lisääntyi kuitenkin paljon. Mesofiilisiä bakteereja oli pintaosan

heinässä huomattavasti jo lähtötilanteessa. Ulos ilman peitettä varastoiduissa paaleissa sisäosan materiaali noudatti mikrobi- ja bakteeripitoisuuksiltaan samaa linjaa kuin paalin 10 cm pintakerros (Kuva 5). Ainoa poikkeus on termofiiliset bakteerit, joiden määrä oli alhainen koko varastointijakson ajan.

Ulos pressulla peitetyissä paaleissa pinta- ja sisäosan mikrobi- ja bakteeripitoisuudet (Kuva 5) olivat alhaisia viiden kuukauden varastoinnin jälkeen mesofiilisiä bakteereja lukuun ottamatta. Varastointikokeen toisella puolivuotisjaksolla kuitenkin mesofiilisten ja xerofiilisten sienten määrä kasvoi merkittävästi.

Varastointikokeen alussa ruokohelpi oli mikrobiologisesti hyvälaatuista, koska näytteissä esiintyneet sienet kuuluvat ns. peltosieniin. Tammikuussa viiden kuukauden varastoinnin jälkeen ulos ilman peitettä varastoitujen paalien sisäosien näytteissä oli termotoleranttien sienten joukossa homepölykeuhkoa aiheuttavia *Aspergillus fumigatus* sieni-itiöitä. Kokeen päättyessä vuoden varastoinnin jälkeen ulos ilman peitettä varastoidun ruokohelmin näytteissä oli korkeita mikrobi- ja bakteeripitoisuuksia. Ruokohelmissä yleisemmin esiintyneet homeet kuuluivat *Penicillium*-, *Rhizopus*-, *Aspergillus*- ja *Cladosporium*-sukuun.



**Taulukko 51.** Eri varastointimenetelmien vaikutus ruokohelven keittotuloksiin ja massan ominaisuuksiin. Syyskorjatun ruokohelven varastointiaika oli 12 kk ja kevätkorjatun 3 kk. Käsittelemätön = ruokohelppi syksyllä, ulos = peittämättömiä paaleja, pressu = kuormapeitteellä peitetyjä paaleja, pinta = näyte 10 cm:n syvyyteen paalin ulkokehältä, sisus = näyte 10 cm:n syvyydestä paalin ytimeen, kevät = keväällä paalattu ruokohelppi

	Saanto, Kappaluku %	Viskositeetti	Jäännös	SR-luku pH	ISO-	Kuitupituus, vaaleus	mm
Käsittelemätön	40,7	12,6	1245	12,3	42	21,5	0,7
Lato	40,0	13,2	1190	12,1	34	24,0	0,7
Ulos, pinta	37,9	21,7	1080	12,0	56	13,0	0,6
Ulos, sisus	42,5	12,8	1195	12,4	37	24,5	0,7
Pressu, pinta	40,4	11,4	1170	12,3	39	25,0	0,7
Pressu, sisus	40,4	9,7	1240	12,1	30	32,0	0,7
Kevät, pinta	46,4	15,5	1175	11,8	31	19,5	0,7
Kevät, sisus	46,0	15,0	1170	12,1	33	22,5	0,7

**Taulukko 52.** Erialaisten ruokohelpiseosarkkien paperitekniset ominaisuudet sekä mänty- (M) ja koivuselluloosasta (K) ja täyteaineesta (T) valmistettujen arkkien ominaisuudet. Keittomenetelmänä sulfaatti. Selitykset taulukossa 51. **Huom!** Vetolujuuden arvot poikkeavat normaalista myös referenssin osalta.

	SR-luku	Tiheys, kg/m <sup>3</sup>	Taittolujuus	Ilman läpäisy, lujuus, s	Repäisy- mNm <sup>2</sup> /g	Vetolujuus sirona Nm/g	Valon m <sup>2</sup> /kg
M+K+T, referenssi	16	520	0,5	4,7	5,7	15,0	44,0
Lato	50	650	1,2	22	7,2	23,5	43,0
Ulos, sisus	32	660	1,2	32	8,1	23,5	44,5
Pressu, pinta	56	660	1,2	32	7,6	24,5	45,0
Kevät, sisus	50	680	1,0	23	7,0	21,5	41,5

### Keittvyvyys ja massan ominaisuudet

Vihdissä syyskorjatun ruokohelven kokonaissaanto (Taulukko 51) oli alhainen johon ainakin osittain lajikeominaisuudesta (Motterwitzer). Vuoden varastoinnin jälkeen ladossa ollut materiaali on keitto-ominaisuuksiltaan säilynyt muuttumattomana. Ulos ilman peitettä varastoidun materiaalin pintakerroksen laatu on huonontunut, esimerkiksi kokonaissaanto on laskenut 2,8 %-yksikköä ja kappaluku kasvanut huomattavasti. Peittämättömän ruokohelppi-

paalin sisäosa on kuitenkin keittotulosten perusteella säilynyt kohtalaisen hyvänä (Taulukko 51). Pressulla peitetyn paalin pinta- ja sisäosan selluominaisuudet ovat säilyneet tasalaatuisina koko varastointikauden ajan. Keväällä 1995 korjatun ja 3 kk ulkona varastoidun ruokohelven keittotulokset ja massaominaisuudet olivat selvästi syyskorjattua raaka-ainetta paremmat. Kevätkorjatun paalin pintaosan sisäosaa isompi kokonaissaanto selittyy sillä, että lehtiaines on varissut paalin pinnalta paaus- ja sidontavaiheessa.

Ruokohelpikuituarkkien (Taulukko 52) hienoinemäärät ja sen myötä suotautumisajat ovat selvästi suuremmat kuin referenssinä olleiden mänty-koivu-täyteaine-seosarkkien. Hienoinemäärän kasvaessa paperin tiheys ja ilmanläpäisyvastus suurenevät. Ruokohelpikuituarkkien repäisy- ja vetolujuudet ovat hiukan suuremmat verrattuna referenssiin eli mänty-koivu-talkki-seosarkkeihin.

### 5.3 Yhteenveto varastoinnista

Mikäli ruokohelpiä korjataan syksyllä myöhäisessä korjuuvaiheessa ja joudutaan varastoimaan useamman kuukauden ajan, on materiaalin säilymisen kannalta lähes välttämätöntä koneellinen kuivaus. Yhden, Vihdissä tehdyn kuivauskokeen perusteella ei voida tehdä yleistyksiä. Kuitenkin on todennäköistä, että pyöröpaalutan ruokohelven latokuivaus onnistuu nykyisiä heinävarastokuivauksen mitoitusarvoja käyttäen.

Vihdissä vertailtiin eri tavoin varastoidun syyskorjatun ruokohelven laadullisia ja määrällisiä muutoksia noin vuoden kestäneessä varastointikokeessa. Varastoitavan materiaalin on oltava kuivaa, kosteus alle 20 %, mikä ei tuottanut ruokohelven kevätkorjuussa ongelmia.

Hehtaarin ruokohelpisadon varastointitalan tarve on 20–25 m<sup>2</sup>, kun pyöröpaalit, joiden koko on 150 cm × 120 cm varastoidaan ulos vaakasentoon kolmeen kerrokseen. Peitettä aumaan tarvitaan noin 40–45 m<sup>2</sup>.

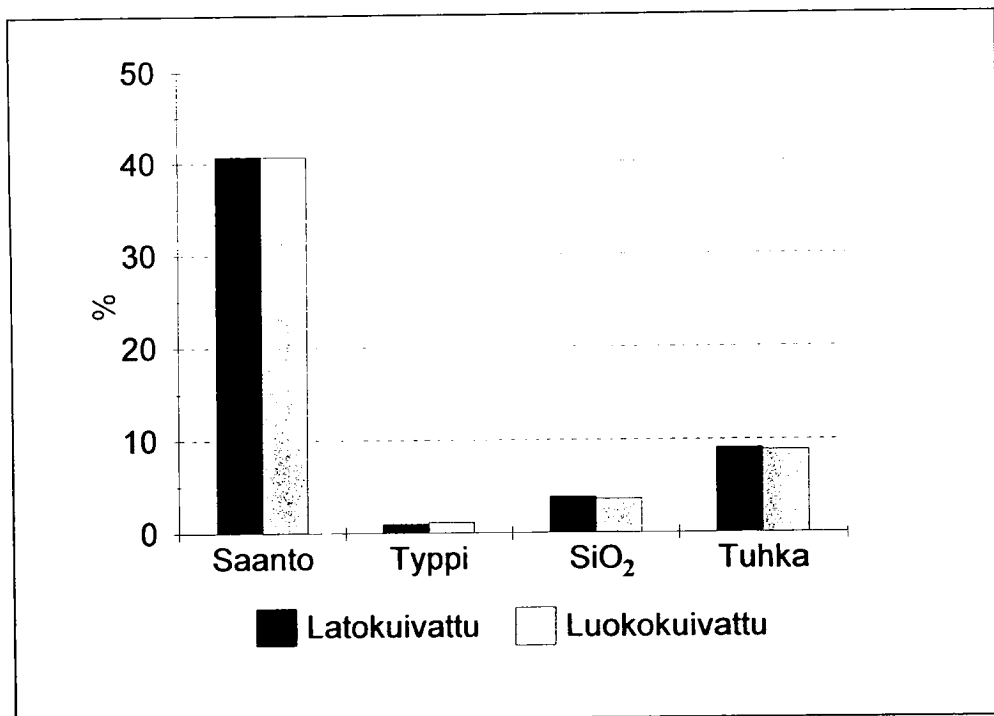
Kuivassa ladossa varastoidut ruokohelpipaalit säilyivät Viikissä tehdyn esikokeen perusteella laadultaan käyttökelpoisina. Raakakuitupitoisuus oli hieman korkeampi varastoinnin jälkeen kuin ennen varastointia. Vertailut näytteet otettiin tosin eri tavoin, ennen varastointia käsin ja varastoidusta paaliporalla. Kivennäisten pitoisuudet olivat kuitenkin rautaa ja kuparia

lukuunottamatta samalla tasolla, joten näytteet edustivat samanlaista kasvimateriaalia. Määrällisiä tappioita ei Viikin kokeessa määritetty.

Pinottaessa ruokohelpipaalit ulos vaakasentoon kolmeen kerrokseen, ovat kuiva-ainetappiot vuoden varastoinnin aikana 1–3 %. Varastoinnin aikana tapahtuneet muutokset syyskorjatun ruokohelven kivennäispitoisuuksissa ovat pieniä, sen sijaan mikrobiologiset muutokset voivat olla huomattavia. Viimeisen 7 kk aikana mesofiilisten ja xerofiilisten sienten määrä kasvoi voimakkaasti niin paalin pinta- kuin sisäosassa. Täten paalien jatkokäsittelyssä olevien henkilöiden on käytettävä asianmukaisia hengityssuojaimia. Vihdissä 1994 syyskorjattua ruokohelpiä analysoitiin sekä kivennäispitoisuuden että keittävyyden osalta. Kokonaissaannoltaan ja kivennäispitoisuudeltaan lato- ja luokokuivattu materiaali eivät eronneet toisistaan (Kuva 6).

Ulos pressulla peitettyjen paalien pinta- ja sisäosan selluominaisuudet ovat säilyneet tasalaatuisina koko varastointikauden ajan. Ulos ilman peitettä varastoitujen paalien sisäosa on myös säilynyt laadultaan käyttökelpoisena. Kyseinen materiaali on seosarkeissa ollut jopa pressulla peitettyjen paalien pintaosaa parempaa. Saannoltaan 3 kk:n ajan varastoi tu kevätkorjattu materiaali on ollut noin 6 prosenttiyksikköä syyskorjattua parempaa ja massan ominaisuuksien osalta tämän veroista. Paperiteknisiltä ominaisuuksiltaan arkkeja on vaikea verrata toisiinsa, sillä tulokset olivat ristiriitaisia. Seosarkin tiheydet ja ilmanläpäisyvastukset kasvoivat kaikilla massoilla verrattuna mänty-koivu-talkki-seosarkkeihin.

Ureasäilönnällä saatiin tuotettua raakakuitupitoisuudeltaan hyvälaatuista raakainetta. Korkeahko raakakuitupitoisuus ei kuitenkaan johtanut merkittävään sellusaannon paranemiseen, sillä jäännösligniniin määrä oli suurempi kuin keitetäessä kuivattua kasvia. Keitossa kemikaalin kulu tus oli myös hiukan kuivaa kasvimateriaalia korkeampi, mitä indikoi jäännöslipeän



**Kuva 6.** Ruokohelven kokonaissaanto ja eräiden kivennäisten osuudet prosentteina kuiva-aineesta varastointikokeen alussa.

pH:n aleneminen. Laadultaan sellut olivat lähes yhtä hyviä, joskin vaaleus oli hiukan parempi kuivasta materiaalista keitetyillä massoilla.

Urealla voitaisiin joissakin tapauksissa varmistaa sadonkorjuun onnistuminen.

Materiaalin varastointi olisi kuitenkin hankalaa, sillä se täytyisi varastoida ilmatiiviisti. Kuivaksi saatu materiaali voidaan varastoida yksinkertaisemmin ja halvemmin.



# 6 Mekaaninen esikäsitteily

## 6.1 Esikäsitteilykokeet

Heinäkasveille soveltuvaksi erottelutekniikaksi tutkittiin lehtien erottamista korsi- ja raakamassasta erityisellä kuivafraktiointilaitteistolla, puimurilla, luo'on voimakkaalla pöyhimisellä ja riipimällä. Lisäksi selvitettiin mahdollisuuksia erottaa kasvin lehdet ja korret eli kuitua sisältävät/sisältämättömät osat ilmavirran avulla toisistaan. HY/MMTEK:illa opinnäytetyössä (Kallio 1995) tehtyjen ilmaerottelukokeiden perusteella rakennettiin lopulta koelaitteisto Vihtiin yhteistyössä HY/MMTEK:in ja MTT VAKOLAn kesken pilottikokeissa käytetyn raaka-aineen jakeistamiseksi.

Kuivafraktiointikokeet ja alustavat ilmaerottelukokeet ruokonadalla tehtiin United Milling Systemsin koelaitoksella Tanskassa. Puimurikokeet tehtiin Viikissä yhteistyössä Työtehoseuran kanssa. Luo'on pöyhintäkokeet tehtiin Viikin opetus- ja koetilan pelloilla maa- ja kotitalousteknologian laitoksen opinnäytetyössä (Jalli 1995). Pystyssä olevan ja niitetyn kasvuston riivintäkokeet tehtiin myös Viikissä.

### 6.1.1 Kuivafraktiointikokeet Bornholmilla, Tanskassa

Kuivafraktiointilaitteiston, levymyllyn ja siihen liitetyn sylinterin muotoisen seulaston, erottelukyvyn selvittämiseksi Tanskassa sijaitsevalle laitokselle toimitettiin syksyllä 1992 korjattua ruokonataa jakeistettavaksi. Levymyllyllä silputtiin ruokonataa neljällä eri säädöllä. Säädön kohteena oli hammaskehien etäisyys toisistaan. Säätarvot olivat 0,725 mm, 0,475 mm, 0,2 mm ja 0,1 mm. Syöttömäärä oli kaikissa kokeissa sama.

Saadun korsifraktion osuus eri säädöillä oli vastaavasti 71 %, 69 %, 63 % ja 42 %.

Viimeisen ajon alhainen korsijakeen osuus johtuu siitä, että ensimmäisen ajon korsimateriaali ajettiin uudestaan myllyn läpi. Käytetyssä raaka-aineessa korsien ja tuppien yhteenlaskettu osuus oli noin 35 % käsin eroteltaessa. Jakeistettu ruokonata oli siten erittäin lehtipitoista, mikä heikentää saatu- jen tulosten yleistettävyyttä yleensä heinäkasveja ja erityisesti korsipitoista ruokohelpeä koskevaksi.

### Kivennäispitoisuus

Tehtyjen kemiallisten analyysien perusteella levymyllyllä muodostetut jakeet poikkesivat toisistaan. Verrattaessa jauho- ja korsijakeita käsittelemättömään kasviin havaitaan fraktioinnilla olevan vähäinen vaikutus kuitu-, tuhka- ja silikaattipitoisuuteen. Kyseinen käsittelemätön materiaali ei kuitenkaan välttämättä edusta riittävän hyvin fraktioitua materiaalia, joten tässä tapauksessa tulee vertailla eri teräväleillä saatuja jakeita keskenään sekä teräväl- in vaikutusta kuitu- ja kivennäispitoisuuksiin (Taulukko 53).

Kaikissa tapauksissa korsijae on jauhojatta kuitupitoisempaa. Se sisältää myös vähemmän tuhkaa ja silikaattia. Typen pitoisuus oli hieman alhaisempi, joskin erot olivat tuskin mitattavia. Kaliumin määrä oli sen sijaan korkeampi korsijakeessa. Raudan, mangaanin ja kuparin määrät olivat myös pienemmät korsijakeessa kuin jauho- fraktiossa.

### Keittvyvyys ja massan ominaisuudet

Keittokokeeseen toimitettiin saaduista jakeista ainoastaan kivennäisanalyysin perusteella parhaaksi arvioitua, pienimmällä terävälillä tuotettua korsijae- ta (korsi 0,1). Vertailuna keittokokeessa oli paalattu koko kasvi.

Sellun saanto parani kuivafraktioinnissa vajaan 4 prosenttiyksikköä ja laatua kuvaavat parametrit olivat kaikki parempia kuin koko kasvusta tehdyllä massalla (Taulukko 54). Veden poistuminen fraktioidusta massasta oli selvästi parempaa, massa oli vaa-

**Taulukko 53.** Kuivafraktiointilaitteistolla jakeistetun syyskorjatun ruokonadan kuitu- ja kivennäisanalyysien tulokset. Syöte = käsittelemätön kasvimateriaali, Jauho x,xx = eri teräväleillä (mm) tuotettu jauhomainen rejektijae ja Korsi x,xx = eri teräväleillä (mm) tuotettu akseptijae.

	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Syöte	37,0	0,54	3,6	7,1	12,7	49	97	1,4
Jauho 0,1	34,7	0,59	4,9	8,3	12,8	345	100	2,7
Jauho 0,2	34,0	0,63	6,0	9,4	11,9	606	117	2,9
Jauho 0,475	33,5	0,64	6,8	10,1	11,7	701	116	3,4
Jauho 0,725	33,2	0,63	6,6	10,0	11,8	689	114	3,0
Korsi 0,1	37,3	0,58	3,5	7,0	14,1	165	84	2,1
Korsi 0,2	37,1	0,59	3,9	7,3	13,7	219	91	2,0
Korsi 0,475	36,8	0,58	3,8	7,2	13,5	195	89	2,0
Korsi 0,725	36,8	0,58	3,9	7,4	13,4	234	91	2,1

**Taulukko 54.** Kuivafraktiointilaitteistolla jakeistetun syyskorjatun ruokonadan keittyvyys ja massan ominaisuuksia verrattuna koko kasvin arvoihin. Sulfaattikeitto.

	Saanto, %	Kappaluku	Viskositeetti	Jäännös pH	SR-luku	ISO- vaaleus	Kuitupituus, mm
Koko kasvi	39,2	10,0	1090	11,7	38	28	0,6
Korsi 0,1	43,0	8,1	1180	12,1	31	31	0,6

lempaa ja se sisälsi keskimäärin hieman pidempää kuitua.

### 6.1.2 Puimurilla tehtävä esikäsitely

Kokeessa syötettiin kevätkorjattua ruokonataa puimuriin. Puimurina oli Sampo-Rosenlew 40. Puintikelan kehänopeutena kaikissa kokeissa oli 28 m/s. Puintiväli säädettiin kolmeen eri asentoon: pieni, keski ja suuri. Ensimmäisessä tapauksessa puintiväli oli säädetty niin pieneksi kuin sen sai, keskimmaisessä säätöalueen puoliväliin ja jälkimmäisessä säätöalueen suurimpaan mahdolliseen arvoon.

Puintivälillä ei ollut vaikutusta kohlimilta, seulastolta ja elevaattoreilta tulevien massojen suhteisiin. Kohlimilta tuli noin 80

% massasta ja seulastolta ja avoimista elevaattorien luukuista 10 % kummastakin.

### Kivennäispiitoisuus

Kemiallisessa analyysissä kohlimilta tuleva massa osoittautui seulastolta ja elevaattoreilta saatavaa massaa kuitupitoisemmaksi (Taulukko 55). Kohlimilta talteenotettu jae sisälsi myös vähemmän silikaattia ja tuhkaa kuin muut jakeet. Kyseisen jakeen typpipitoisuus oli muita jakeita alhaisemmalla tasolla, joskin typpipitoisuudessa oli sama ongelma kuin kuitupitoisuudessa käsittelemättömän kasvin ja tuotettujen jakeiden välillä. Raudan ja mangaanin arvot olivat epätavallisen korkeat, mikä raudan osalta selittynee kontaminaatiolla.

Tuloksia tarkasteltaessa on huomattava,

**Taulukko 55.** Puimurista saatujen eri ruokonatajakeiden kuitu- ja kivennäisanalyysin tulokset. Kevätkorjattu materiaali. Näytteet otettu elevaattoreilta, seulastolta ja kohlimilta tulleesta materiaalista. Pieni, keski ja suuri kuvaavat puintväliä kokeessa. **Huom!** Syötteestä otettu näyte ilmeisesti keskimääräistä kuitupitoisempaa.

	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Syöte	42,5	0,72	5,6	7,0	3,8	528	129	4,5
Elevaattori pieni	37,7	1,24	6,1	7,8	4,2	509	158	6,2
Elevaattori keski	37,6	1,11	7,1	9,0	4,6	894	167	7,0
Elevaattori suuri	39,2	1,06	5,2	6,8	4,4	484	134	5,9
Seulasto pieni	37,9	1,15	6,9	8,8	4,3	542	165	6,1
Seulasto keski	37,9	1,03	6,6	8,4	4,2	558	163	5,7
Seulasto suuri	39,0	1,08	5,8	7,6	4,7	477	155	5,4
Kohlimet pieni	41,0	0,84	4,6	6,5	5,4	256	133	3,9
Kohlimet keski	41,9	0,69	4,5	6,2	4,9	273	124	3,7
Kohlimet suuri	40,9	0,85	4,6	6,4	6,2	299	136	4,1

että käsittelemätön kasvi on ollut kuitupitoisempaa kuin yksikään tuotetuista jakeista. Syynä arvojen poikkeavuuteen lienee se, että käsittelemätöntä kasvia edustava näyte oli pieni ja se sisälsi keskimääräistä enemmän korsimaista materiaalia. Näyte otettiin kasasta käsin, jolloin oli mahdollista, että materiaalia kuljetettaessa ja kasattaessa tapahtui lajittumista. Lajittumisen seurauksena hienoin materiaali varisi kasan pohjalle.

Ero saatujen jakeiden välillä on riippumaton kyseisen käsittelemättömän näytteen ominaisuuksista. Erot lienevät siten todelliset, ainoastaan absoluuttiset arvot voidaan kyseenalaistaa.

### 6.1.3 Erottelu luo'on pöyhinnässä

Yksinkertaisimmillaan lehtien erotus voi perustua korjuun yhteydessä tehtävään voimakkaaseen pöyhintään, joka irrottaa kuivuvia lehtiä. Kokeessa oletettiin, että suoritettaessa niitto lautasniittokoneella, kasvin lehdet kuivuisivat korsia nopeammin, jolloin pöyhinnän mekaaninen käsittely kohdistuisi voimakkaimmin lehtiin.

### Viikin kokeet 1993

Koejärjestelyt on selostettu korjuuteknisessä osassa kappaleessa 4.1.2. Kokeessa vertailtiin kolmen eri pöyhintäintensiteetin vaikutusta korjattavan kasvuston korsiosuuteen ja lehtien irtoamiseen. Korsien suhteellisen osuuden määrittämiseksi joka ruudulta otettiin kaadon ja paalauksen yhteydessä kolme ja pöyhintojen yhteydessä kaksi näytettä, kuivapainoltaan 150–250 grammaa. Samoista näytteistä määritettiin irronneiden lehtien osuus. Huonojen sääolojen takia koe jouduttiin keskeyttämään ennen paalauksusteuden saavuttamista.

Tulosten mukaan pöyhimisestä ei aiheutunut merkittäviä muutoksia korsien suhteellisessa osuudessa. Kerranteiden välillä oli lähtötilanteessa erot, jotka estivät yhden lähtöarvon käyttämisen. Kasvusto oli selvästi tuleentuneempaa kerranteessa 3 kuin kerranteissa 1 ja 2. Kerranteessa 1 kasvusto oli vihreintä ja sen kosteus niitossa ja pöyhinnöissä oli korkein. Menetelmiä ei siten voitu verrata keskenään kuin tietyn kerranteen sisällä. Taulukossa 56 onkin esitetty tulokset kerranteittain.

**Taulukko 56.** Korsien prosentuaalinen osuus paalatussa massassa. Menetelmät vertailukelpoisia ainoastaan kerranteiden sisällä johtuen kasvuston erilaisuudesta.

	Korsien osuus paalatussa materiaalissa, %		
	Kerranne 1	Kerranne 2	Kerranne 3
Käsittelemätön kasvusto	74,4	77,9	81,5
Yksi pöyhintä päivässä	71,6	74,5	77,4
Kaksi pöyhintää päivässä	76,6	76,2	77,8
Neljä pöyhintää päivässä	75,3	79,8	82,4

**Taulukko 57.** Ironneiden lehtien osuus kokonaislehtimäärästä määritettynä paalatussa materiaalista. Menetelmät vertailukelpoisia ainoastaan kerranteiden sisällä johtuen kasvuston erilaisuudesta.

	Ironneiden lehtien osuus, % kokonaislehtimäärästä		
	Kerranne 1	Kerranne 2	Kerranne 3
Yksi pöyhintä päivässä	13	14	29
Kaksi pöyhintää päivässä	25	32	41
Neljä pöyhintää päivässä	40	40	52

Vastaavasti lehtien osuus putosi viiden suoritun pöyhinnän jälkeen alkutilanteen keskimääräisestä 25 prosentista vajaat 3 %-yksikköä. Pöyhintöjen yhteydessä ironneiden lehtien osuus oli kuitenkin ruokohelvellä jopa yli 50 % alkuperäisestä lehtien määrästä (Taulukko 57). Kun kasvustoa pöyhittiin neljä kertaa päivässä, irtosi kaikissa kerranteissa enemmän lehtiä kuin kerran tai kaksi kertaa päivässä suoritetuissa pöyhinnöissä. Kerranteiden väliset vaihtelut johtuivat pääosin kasvuston tuentumisasteesta. Kerranteen 3 kasvustot olivat selvästi ruskealehtisempiä kuin kerranteiden 1 ja 2 kasvustot. Käsien tehdyissä kokeissa havaittiin ruskeiden, kuolleiden lehtien irtoavan kasvusta huomattavasti vihereitä lehtiä herkemmin.

#### Vibdin kokeet 1994

Koejärjestelyt on selostettu korjuutekniiksessä osassa. Kokeessa verrattiin luoko- ja latokuivauksen vaikutusta korjatun materiaalin korsi-, lehti- ja tuppipitoisuuteen. Näiden suhteellisten osuuksien määrittämi-

seksi joka ruudulta otettiin kaadon ja paalauksen yhteydessä sekä pöyhintöjen yhteydessä kolme näytettä, kuivapainoltaan 150–250 grammaa.

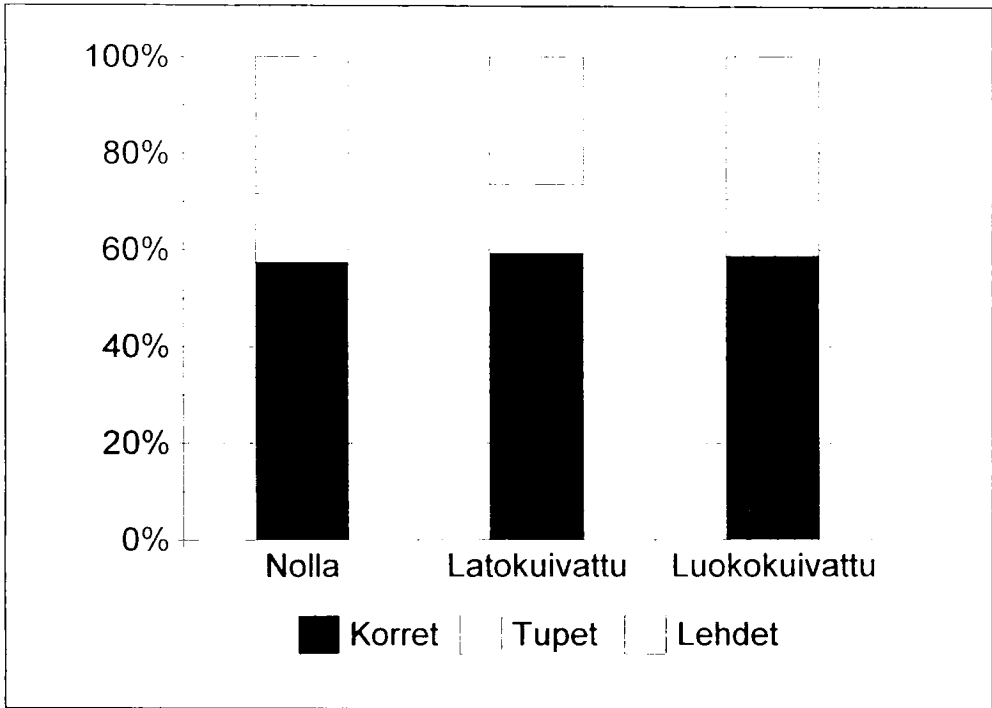
Tulokset on esitetty kuvassa 7. Korsien osuuteen pöyhinnöillä ei ollut vaikutusta. Tuppien osuus laski hieman luokokuivauksessa tehtyjen pöyhintöjen seurauksena. Täten lehtien suhteellinen osuus hieman kasvoi.

#### **6.1.4 Lehtien irrottaminen riipimällä**

Ruokohelven lehdet ovat noin 15–20 cm:n välein toisistaan eri puolilla kortta. Kasvin korsi on rakenteeltaan luja ja vankka verrattuna muihin heinäkasveihin. Lehdet ovat suuret ja kasvavat korresta viistosti ylöspäin.

#### Yksittäisen lehden irtoaminen

Lehden irtoamista tutkittiin aluksi iskemällä hitsauslangalla kasvavaan kasvustoon. Isku suunnattiin kasvavan kasviyksilön leh-



**Kuva 7.** Ruokohelpifraktioiden osuudet pystykasvustossa, kahden pöyhinnän (+karhotus) jälkeen latokuivuriin menevässä ja viiden pöyhinnän (+karhotus) jälkeen luokokuivatussa materiaalissa.

tihankaan ylhäältä alaspäin. Lehti irtosi kevyehköllä iskulla kokonaan irti. Ainoastaan lehtituppi jäi korteen kiinni. Tämän kokeen ja teoreettisen tarkastelun perusteella aloitettiin ensin selvitys tarvittavasta iskun nopeudesta ja tekijöistä, jotka vaikuttavat lehden irtoamiseen.

Videoitaessa lehden irtoamista, todettiin sen irtoavan parhaiten, kun se taittui taaksepäin ja irtosi taittumalla tyvestään. Irtoamisvaiheessa lehti tarrautui puikon mukaan, jonka jälkeen se liike-energian avulla irtosi korresta. Liike-energia myös lennätti lehden pois. Lehti irtosi aina, kun isku oli riittävän nopea ja isku osui johonkin kohtaan lehteä. Lisäksi iskun voimakkuuden piti olla niin suuri, että lehti irtosi, mutta samalla niin pieni, että korsi kesti iskun katkeamatta.

Lehden pitäisi irrota ensimmäisellä iskulla, jotta päästäisiin riittävään työsaavutukseen. Lehti ei saisi myöskään olla taittunut aikaisemmin, sillä silloin sen irto-

aminen saattoi vaikeutua. Taittuneena lehti oli murtunut lehtihangasta ja tällöin useimmiten kääntynyt taaksepäin, mutta ei kuitenkaan irronnut korresta. Isku ei myöskään saanut katkaista tai halkaista lehteä, sillä silloin lehti ei irronnut kokonaan.

Iskevän puikon kehänopeuden, paksuuden ja jäykkyyden vaikutus lehden irtoamiseen ja korren katkeamiseen selvitettiin käyttäen yhtä molemmista päistään kiinnitettyä, tuoretta, vasta niitettyä kasvia.

Nylon-puikko vaati kehänopeudeksi vähintään 18 m/s, jotta lehti irtosi ensimmäisellä iskulla. Vielä tälläkin kehänopeudella lehden irtoaminen oli epävarmaa, sillä noin puolet lehdistä ei irronnut ensimmäisellä iskulla. Tästä syystä kehänopeuden kasvattaminen arvoon 25 m/s paransi tulosta. Toisaalta maksimi kehänopeus, jonka tuoreen kasvin korsi katkeamatta kesti oli noin 30 m/s.

Nylon-puikko taipui jonkin verran vapaastikin pyöriessään. Tämä vaikutti myös

lehden irrotukseen, sillä latta-alumiini, jonka paksuus oli 5 mm, irrotti lehden kehänopeudella 15 m/s. Latta-alumiinilla kokeita kuitenkin tehtiin vähän ja siitä syystä tulokset sillä ovat vain suuntaa antavia.

Konerautasahanterä, jonka paksuus oli 1,0 mm, ei taipunut iskevässä suunnassa. Jäykkyydestä ja ohuudesta johtuu, että lehden irtoamiseen riitti n. 12 m/s kehänopeus. Toisaalta myös maksimikehänopeus oli alempi kuin nylonilla, n. 25 m/s. Tätä suuremmassa nopeudessa korsi katkesi ja/tai lehti leikkautui poikki.

Kokeen perusteella parhaimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui nylon-puikko. Se irrotti lehdet laajalla kehänopeusalueella ja samanaikaisesti riski korsien katkeamiseen oli pienin testatuista materiaaleista.

### Pystyssä olevan kasvuston riivintälaitteisto

Tehtyjen porakonekokeiden perusteella rakennettiin protolaite pystyssä olevan, niittämättömän kasvuston riipimiseen. Tavoitteena oli puimurin kaatokelan tyypinen laitteisto, jolla kasvusto voitaisiin riipii niiton yhteydessä. Täten kasvimassan liikenopeudeksi riivintälaitteen ohi muodostuisi noin 1 m/s. Tästä seuraa se, että kuusi lehteä sekunnissa ohittaisi riipivän puikon. Tällöin, jos tiettyä kohtaa riipii vain yksi puikko, pitäisi kierrosnopeuden riivintäkelalla olla vähintään 6 r/s. Samalla puikon kehänopeuden pitäisi pysyä välillä 20–25 m/s. Tämä asetti mitan kelan halkaisijalle.

Puikkomateriaaliksi tähän kokeeseen valittiin porakonekokeessa parhaimmaksi osoittautunut nylon. Puikot kiinnitettiin metallilieriön pintaan hitsattuihin kappaleisiin vastinkappaleen puristuksella. Itse laite, jota kokeilussa käytettiin oli modifioitu vanhaan harjalaitteeseen, jota pyöritti aluksi sähkömoottori ja myöhemmin poltomoottori. Riivintäkelassa oli halkaisijaltaan 5 mm:n puikkoja 5 mm:n välein tasaisesti kelalle jaettuina. Kelan halkaisija puikon päästä päähän oli 45 cm.

Ensimmäisissä peltokokeissa riivintäke-

lan ylhäältä alaspäin suuntautuneet iskut käänsivät kasvin kelan taakse, jolloin puikon isku suuntautui väärään suuntaan lehteen nähden eikä irrottanut lehtiä. Kokeilun seurauksena tutkimus suunnattiin niitetyn kasvuston riipimismahdollisuuksien selvittämiseen.

### Niitetyn kasvuston riivintälaitteisto

Kone pohjautui aiempaan pystykasvustoa varten tehtyyn protoon, johon lisättiin riivintäkelan taakse toinen kela, joka esti kasvuston kietoutumisen. Kasvusto syötettiin riivintäkelalle teloilla, jotka tehtiin liimamalla metallilieriön päälle muovinen kynnysmatto. Vastakkain olevat telat asetettiin pyörimään vastakkaisiin suuntiin ja pyörimisnopeutta säätelämällä saatiin kasvimassa etenemään halutulla nopeudella riivintäkelalle.

Alustavat kokeet riivintäkelan lehtienirrotuskyvystä osoittivat, että lehtien irtoamistulos oli silmämääräisesti tarkasteltuna hyvä. Ongelma-alueena olisivat kietoutuminen, kasvimassan järjestäminen niin että kasviyksilöt pysyvät yhden suuntaisina, riittävän työtehon saavuttaminen ja tavallaan erillisenä ongelmana lehtien ja korsien erottelu toisistaan.

### **6.1.5 Ilmaerottelu -esikokeet ruokonadalla**

Ilmaerottelun selvittämiseksi kuivafraktiointilaitteistolla tuotettua korsijaetta (korsi 0,1) jakeistettiin pystykanavassa. Raskain jae tippui ilmavirtaa vastaan ja kevyt jae nousi ilmavirran mukana. Ilman nopeus kanavassa oli noin 2,5 m/s, jolloin materiaali lajittui puoliksi raskaaseen ja kevyeen jakeeseen.

Lopputuloksena muodostunut raskas jae oli ominaisuuksiltaan lähempänä korsiä kuin lehtiä (Taulukko 58). Verrattaessa syötteenä käytettyä korsijaetta ja muodostuneita jakeita havaittiin merkittävimmän eron syntyneen tuhka- ja silikaattipitoisuudessa. Kevyt jae sisälsi silikaattia lähes puoli-istakertaisesti raskaaseen jakeeseen

**Taulukko 58.** Ilmaerottelun, kuivafraktiointilaitteistolla jakeistetun ruokonadan korsipartikkeleiden kuitu- ja kivennäisanalyysin tulokset sekä verrokkina syötteen (korsi 0,1) sekä käsittelemättömien korsien ja lehtien arvot.

	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Korsi 0,1	37,3	0,58	3,5	7,0	14,1	165	84	2,1
Kevyt jae	36,3	0,60	4,4	7,6	11,8	218	97	2,1
Raskas jae	37,5	0,59	3,0	6,8	15,5	177	82	2,2
Korret	42,0	0,39	2,0	4,1	7,6	60	56	2,2
Lehdet	32,3	0,68	4,9	9,1	14,5	74	127	1,9

nähdän. Tuhkapitoisuudessa ero ei ollut yhtä merkittävä. Kuitupitoisuuteen jakeistamisella oli varsin vähäinen vaikutus, sillä ero jakeiden välillä oli vain yhden prosenttiyksikön verran.

#### 6.1.6 Ilmaerottelu -pilottikoelaitteisto

Riipimisen sijasta kasvimassan jakeistamisen selvitystä jatkettiin vuonna 1994 Viikissä tekniikalla, jossa kuiva kasvimassa silputtiin mahdollisimman tasamittaiseksi silpuksi ennen ilmalla tapahtuvaa erottelua. Tehtyjen kokeiden perusteella ilmaerotus oli mahdollista sekä syys- että kevätkorjattulla ruokohelvellä. Kyseistä selvitystä tehtiin tiiviissä yhteistyössä tämän hankkeen rinnalla ja perusteelliset koetulokset raportoidaan valmistuvassa pro gradu -työssä (Kallio 1995).

Opinnäytetyöhön tehtyjen kokeiden perusteella suunniteltiin ja rakennettiin MTT VAKOLAan koelaitteisto pilottikoelaitteistoissa tarvittavan raaka-aineen jakeistamiseksi. Laitteiston suunnittelusta vastasi maa- ja kotitalousteknologian laitoksen tutkija ja teknisestä toteutuksesta MTT VAKOLAn tutkija.

Rakenteeltaan laitteisto on varsin yksinkertainen. Se on noin 5 metriä pitkä poikileikkaukseltaan nelikulmainen tunneli, jonka korkeus on 1,5 metriä ja leveys metrin. Tunnelin päässä on keskipakopuhallin,

joka imee ilmaa tunnelin lävitse. Jakeistettava heinäsilppu syötetään tunneliin puhaltimen vastakkaisesta päästä yläreunan tasalta. Joutuessaan ilmavirtaan heinäsilpussa olevat raskaimmat jakeet tippuvat välittömästi syöttökohdan alapuolelle ja keveimmät jakeet leijuvat ilmavirran mukana kauimmaksi syöttökohdasta. Kaikkein hienoin pöly ajettiin erottelussa puhaltimen läpi.

Oheisessa taulukossa 59 on esitetty neljän tehdyn koejakeistuksen tulokset sekä näiden keskiarvo. Aukko 1 sijaitsi lähimpänä syöttökohtaa ja aukko 4 kauimpana. Siten akseptijakeeseen on hyväksytty raskaimmat kasvinosat, jotka ovat pääosin korsianesta, aukoista 1 ja 2. Rejektiksi on arvioitu aukkojen 3 ja 4 jakeet, jotka ovat pääosin lehtianesta. Neljän vertailuajon tulokset poikkeavat varsin vähän toisistaan, joten koelaitteistolla päästään toistuvasti noin 80 % akseptijae -osuuteen.

#### Kivennäispitoisuudet

Jakeistamisen laatuvaikutusten selvittämiseksi kustakin aukosta saadusta jakeesta otettiin näyte, joka toimitettiin MTT:n Keskuslaboratorioon analysoitavaksi. Näytteistä tehtiin aiemmin selostetuilla menetelmillä kuitu- ja kivennäisanalyysit.

Jakeistaminen paransi selkeästi raaka-aineen laatua (Taulukko 60). Kuitupitoisuus kasvoi pari prosenttiyksikköä. Tuhkapitoi-

**Taulukko 59.** Pilottikoelaitteistolla jakeistetun kevätkorjatun ruokohelven massajakauma prosentteina kokonaismassasta. Neljän kokeen tulokset sekä niistä laskettu keskiarvo. Akseptijae aukoista 1 ja 2, rejektijae aukoista 3 ja 4. Sarakkeiden summa 100 %.

	Aukoista saatu massa neljässä kokeessa, % kokonaismassasta					
	Koe 1	Koe 2	Koe 3	Koe 4	$\bar{x}$	
Aukko 1	64	66	64	63	64	
Aukko 2	19	18	18	17	18	Aksepti 82
Aukko 3	9	9	10	12	10	Rejetti 18
Aukko 4	8	7	8	8	8	

**Taulukko 60.** Pilottikoelaitteistolla jakeistetun kevätkorjatun ruokohelven kuitu- ja kivennäisanalyysien tulokset. Syötteen arvot edustavat keskimääräistä parempaa käsittelemätöntä kasvimateriaalia.

	Raaka- kuitu, % ka	Typpi, % ka	SiO <sub>2</sub> , % ka	Tuhka, % ka	K, g/kg ka	Fe, mg/kg ka	Mn, mg/kg ka	Cu, mg/kg ka
Syöte	44,2	0,74	4,1	4,8	1,4	273	47	6,5
Aukko 1	47,7	0,60	2,6	3,2	1,4	346	23	6,7
Aukko 2	44,9	0,65	2,9	3,6	1,6	384	22	6,1
Aukko 3	40,1	1,10	4,6	5,7	2,2	783	63	9,0
Aukko 4	37,1	1,26	5,4	6,8	2,5	1005	83	10,2

suus aleni pari prosenttiyksikköä, samoin silikaattipitoisuus. Kyseinen vähenemä vaikuttaisi suoraan prosessiin joutuvan silikaatin määrään. Typen osuus oli myös hieman alhaisempi kuin syötessä. Kaliumin, mangaanin ja kuparin määrät kuiva-ainekilossa vähenivät myös. Sen sijaan raudan määrä kasvaa, mutta tähän saattaa vaikuttaa kontaminaatio käytetyistä laitteista.

### Keittyvyys ja massan ominaisuudet

Laatuvaikutukset raaka-aineen keittyvyyteen ja saadun massan laatuun selvitettiin näytteistä, jotka toimitettiin Teknillisen korkeakoulun selluloosateknikan laboratorioon. Keitto ja massan ominaisuuksien analysointi tehtiin aiemmin selostetuilla menetelmillä.

Jakeistuksen vaikutus sellusaantoon oli varsin vähäinen, mikä johtui syötteen eli kokeessa käytetyn kasvimateriaalin keskimääräistä paremmasta saannosta (Tauluk-

ko 61). Normaalisti jakeistamattoman kevätkorjatun raaka-aineen saanto on ollut sulfaattikeitoissa 44–45 % (Taulukko 14). Kappalukuun jakeistamisella ei ole vaikutusta. Syötteen poikkeavan hyvästä laadusta johtuen erot massan vaaleudessa ja viskositeetissa ovat lähes merkityksettömiä. Mikäli akseptijakeita verrataan vedenpoistumisen ja kuitupituuden osalta havaitaan, että laatu paranee. Täten mekaanisella jakeistamisella voidaan olettaa poistettavan hienoainetta.

## 6.2 Taloudelliset perusteet jakeistamiselle

HY/MMTEK:ssa kehitettiin taulukkolaskentaan perustuva laskentaohjelma, jonka avulla voitiin arvioida jakeistamisen taloudellisia vaikutuksia. Laskentaohjelmassa perusoletuksena oli, että viljelijä saa hehtaa-



**Taulukko 61.** Pilottikoelaitteistolla jakeistetun kevätkorjatun ruokohelven keittvyvyys ja massan ominaisuudet. Syötteen arvot edustavat keskimääräistä parempaa kevätkorjattua kasvimateriaalia. **Huom!** Normaali saanto sulfaattikeitossa noin 45 %.

	Saanto, %	Kappaluku	Viskositeetti	Jäänös pH	SR-luku	ISO- vaaleus	Kuitupituus, mm
Syöte	49,8	13	1160	12,0	36	23	0,7
Aukko 1	50,6	13	1235	12,2	28	24	0,8
Aukko 2	48,8	15	1155	12,0	35	17	0,7
Aukko 3	45,5	19	1035	11,9	52	14	0,7
Aukko 4	42,5	23	915	11,5	63	9	0,6

**Taulukko 62.** Sivutuotteen arvon vaikutus akseptijakeen laskennalliseen arvoon sekä jakeistamiselle saatavaan korvaukseen jakeistamisasteen pysyessä vakiona, akseptijae 80 % kuiva-aineesta (ka).

Koko kasvin tilahinta, mk/t ka	Sivujakeen arvo, mk/t ka	Akseptijae, arvo % ka:sta	Akseptijakeen arvo, mk/t ka	Korvaus jakeista- miselle, mk/t ka
320	160	80	360	–
320	183	80	354	± 0
320	320	80	320	27

ria kohden saman korvauksen jakeistamisesta riippumatta myydessään sadon. Teollisuudelle raaka-aineen paranemisesta koitua hyöty siirrettiin täysin jakeistamisen korvaukseksi.

Jakeistaminen vaikuttaa merkittävimmin keitettävän raaka-aineen sellusaantoon. Laadun paranemista ei kyetty arvioimaan rahassa. Laskelmassa oletettiin saannon olevan 45 % keitettäessä koko kasvimateriaali ja 51 %, kun kasvimateriaalista on eroteltu lehdet pois, mikä tarkoittaa 80 % aksepti-jakeen osuutta. Lisäksi saannon oletettiin olevan lineaarisessa riippuvuussuhteessa rejekti-jakeen määrään.

Toisaalta jakeistamisen kannattavuus riippuu sivutuotteen arvosta. Oheisessa taulukossa 62 on esitetty kolme tapausta, joissa sivutuotteen arvo muuttuu ja vaikuttaa siten jakeistamiselle saatavaan korvaukseen. Taulukossa esitetyissä tapauksissa akseptijakeen osuus on pidetty vakiona.

Ensimmäisessä tapauksessa oletettiin si-

vujakeesta saatavan sen energiasisältöä vastaavan hinnan eli 160 mk/t ka. Tällöin akseptijakeen arvon tulisi nousta tasolle 360 mk/t ka, jotta tuottaja saisi peltohehtaaria kohti saman tuoton, kuin myydessään koko sadon hintaan 320 mk/t ka.

Toisessa tapauksessa etsittiin sivujakeelle arvo, joka olisi rajana jakeistamisen käynnistymiselle eli tapaukselle, jossa korvaus jakeistamiselle on ± 0 mk/t ka. Tässä tapauksessa sivujakeen arvon tulisi olla 183 mk/t ka, minkä lisäksi akseptijakeesta edellytettäisiin saatavan 354 mk/t ka.

Viimeisessä tapauksessa jakeiden oletettiin olevan samanhintaisia. Tällöin kuiva-ainetonniin jakeistamiseen voitaisiin käyttää noin 27 mk. Tähän tuskin käytännössä päästään. Sivujakeen arvoksi voitaneen käytännössä laskea korkeintaan 200 mk/t ka, jolloin akseptijakeen arvoksi ja hintavaatimukseksi muodostuisi 345 mk/t ka. Tämän lisäksi tulisivat vielä jakeistamisesta aiheutuvat kulut.

### 6.3 Yhteenveto esikäsitteilykokeista

Levymyllystä ja sen jälkeisestä seulalaitteistosta koostuvalla kuivafraktiointilaitteistolla voitiin jakeistaa syyskorjattua ruokonataa, vaikka materiaali oli lehtipitoista. Käytetty teräväli oli tällöin kuitenkin pieni, mikä rajoitti laitteiston kapasiteettia. Erottelun tulos oli hyvä, sillä laitteistolla muodostetun korsijakeen osuus oli 42 %, kun käsin jakeistettaessa saatiin korsipitoisuudeksi 35 %. Korsijakeen raakakuitupitoisuus oli noin 37 %, joka oli noin 3 prosenttiyksikköä enemmän kuin vastaavalla terävällä tuotetun jauhojakeen. Tuhka- ja silikaattipitoisuuksissa erot olivat suhteellisesti suuremmat, sillä korsijakeen arvot olivat 7,0 % ja 3,5 %, kun jauhojakeen arvot olivat 8,3 % ja 4,9 %. Jakeistamisen vaikutukset selluun jäivät kuitenkin varsin vähäisiksi. Saannon nousu 4 prosenttiyksiköllä ja hieman parantunut laatu ei tässä tapauksessa ilmeisesti kykene kompensoimaan kuivafraktioinnin suurta, lähes 60 prosentin, raaka-ainehävikkiä.

Puimurilla tehdyissä kokeissa käytettiin täysin muista kokeista poikkeavaa materiaalia, nimittäin kevätkorjattua ruokonataa. Syötteestä otettu näyte oli lisäksi kuitupitoisempi kuin yksikään tuotetuista jakeista. Tämä ei kuitenkaan vaikuta syntyneiden jakeiden vertailuun. Kohlimilta tullut materiaali oli kaikilla käytetyillä puintivälillä kuitupitoisempaa kuin seulastolta ja elevaattoreilta tullut materiaali. Kivennäismäärittysten tulokset olivat samansuuntaiset. Kohlimilta tullessa materiaalissa oli vähiten tuhkaa ja silikaattia. Puintiväli ei vaikuttanut kohlimilta, elevaattoreilta ja seulastolta saatavien massojen suhteisiin, mutta kylläkin saatujen jakeiden laatuun. Suurimmalla puintivälillä elevaattoreilta ja seulastolta saatujen massojen ominaisuudet lähenivät kohlimilta saatujen massojen ominaisuuksia. Puintivälin ollessa säätöalueen keskellä olivat erot pitoisuuksissa suurimmat. Puimurilla voidaan olettaa olevan jonkin verran massaa jakeistavaa vaikutusta.

Viikissä tehdyssä kokeessa pöyhintäker-

tojen lisääminen nosti korsien suhteellista osuutta, joskin alhainen pöyhintäintensiiviteetti saattoi jopa laskea korsiosuutta alkutilanteeseen verrattuna. Pöyhinnässä lehtiä saatiin irrotetuksi korsista, mutta irronneet lehdet jäivät edelleen karhoon. Yhdessä kerranteista kasvusto oli tuleentuneempaa kuin muissa, joten siinä oli helposti irtoavia ruskeita lehtiä. Neljä kertaa päivässä pöyhittäessä puolet lehdistä saatiin irti. Korkean korjuukosteuden vaikutus tuloksiin jäi selvittämättä. Mikäli pöyhintöjä olisi päästy tekemään kuivemmassa kasvustossa, lehdet olisivat voineet varista pois ja korsiprosentti olisi noussut.

Vihdissä tehdyssä kokeessa verrattiin luoko- ja latokuivauksen vaikutusta kasvuston lehti-tuppi-korsi-suhteeseen. Korsien osuudessa menetelmien välillä ei ollut eroja. Luokokuivauksen suurempi pöyhintöjen määrä johti jopa lehtien suhteellisen osuuden kasvamiseen.

Riivintäkokeiden perusteella ruokohelven lehti voitiin irrottaa lehteen korren suuntaisella latvasta tyveen suunnatulla iskulla. Lehti irtosi taittumalla tyvestään. Lehti irtosi aina, kun isku oli riittävän nopea ja isku osui lehteen. Lehden asento ei vaikuttanut sen irtoamiseen. Irrotukseen sopivaksi osoittautui nylonista tehty pyöreä puikko, jonka halkaisija oli 5 mm. Tanko oli pinnaltaan sileä ja sen pää oli pyöristetty. Pyörivän puikon kehänopeuden oli oltava välillä 20–25 m/s, jotta lehti irtosi, muttei korsi katkenut.

Vuonna 1993 tehdyt peltokokeet osoittivat lehtien irrottamisen pystykasvustosta olevan vaikeaa, mutta niitetyn kasvuston riipiminen vaikutti mahdolliselta. Kyseisen laitteiston kapasiteetti olisi kuitenkin varsin pieni, sillä riivintäkelan ohittavan masavirran paksuus olisi rajoitettu, jotta jokainen korsi tulisi varmasti riivityksi. Laitteiston hinnan arvioitiin muodostuvan varsin korkeaksi ja kapasiteetin alhaiseksi, joten kasvustoa riipivän laitteiston kehitystyöstä luovuttiin. Samoin epäiltiin laitteiston soveltuvuutta erittäin herkästi murskautuvan kevätkorjatun materiaalin jakeistamiseen.

Kasvimassan jakeistamisessa siirryttiin siten riippimisen sijasta ilmaerottelun selvittämiseen. Esikokeet tehtiin ruokonadan kuivafraktiointikokeiden yhteydessä. Raakakuitupitoisuudeltaan muodostetut kevyt ja raskas jae erosivat varsin vähän toisistaan. Raskas jae sisälsi vähemmän silikaattia ja tuhkaa kuin kevyt jae ja oli ominaisuuksiltaan lähempänä syyskorjatun ruokonadan korsiä kuin lehtiä.

Viikissä tehtyjen kokeiden perusteella ilmaerotus oli mahdollista sekä syys- että kevätkorjatulla ruokohelvellä, joka oli silputtu 5–10 cm:n silpuksi. Laboratoriomittakaavassa tehtyjen kokeiden perusteella rakennettiin pilottikokeissa tarvittavan raaka-aineen jakeistamiseksi laitteisto. Laitteistolla tehdyssä ilmaerottelussa akseptijakeen määrä oli toistuvasti noin 80 % syötetystä kasvimateriaalista. Raaka-aineeseen verrattuna akseptin kuitupitoisuutta voitiin parantaa ja silikaattiyhdisteiden määrää vähentää.

Jakeistuksen vaikutus sellusaantoon oli kuitenkin vähäinen verrattaessa syötteen arvoihin. Syöte ei edustanut keskimääräistä kevätkorjattua materiaalia. Käytännössä saantoero käsittelemättömän ja jakeistetun materiaalin välillä olisi noin 5–6 prosenttiyksikköä jakeistetun hyväksi. Raaka-aineen laadun paraneminen vaikutti positiivisesti saannon lisäksi sellun viskositeettiin, suotautuvuuteen ja vaaleuteen. Kuitupituus nousi myös hieman. Lisäksi kemikaalien kulutus oli hieman alhaisempaa kuin keitetessä koko kasvimateriaali.

Jakeistamisen kannattavuus voidaan tehtyjen laskelmien perusteella kyseenalaistaa, mikäli se suoritetaan erillisenä toimenpiteenä. Sivutuotteen arvon tulisi nousta hyvin lähelle koko kasvimateriaalista saatavaa hintaa, jotta jakeistamisen suorittamiseen jäisi katetta. Kyseisestä laskelmasta on kuitenkin todettava, että siinä on huomioitu vain saannon paranemisesta koituvaa hyötyä. Muita mahdollisia prosessiteknisiiä etuja ei ole otettu huomioon.

## 7 Tuotanto- kustannukset

Syys- ja kevätkorjatun ruokohelven tuotantokustannukset ja työnmenekit on laskettu Työtehoseurassa kehitetyn laskentamallin avulla. Laskentamallin konekustannukset perustuvat vuosittain julkaistavaan Maatalouskoneiden kustannuslaskenta ja koneiden hinnoittelu - tiedotteeseen (Järvenpää & Peltonen 1995). Työnmenekit on laskettu maatalouden työnormit - järjestelmän periaatteiden mukaisesti (Työtehoseura 1988, Laine & Peltonen 1992, Laaksonen & Vanhala 1992, Peltonen & Vanhala 1992, Peltonen 1993). Työnmenekkejä ja muita laskentaperusteita on tarkennettu tutkimushankkeen eri osatehtävien tulosten perusteella.

### 7.1 Laskentaperusteet

Laskelmissa on ruokohelven kevätkorjuun satona käytetty 6 tonnia kuiva-ainetta/ha ja syyskorjuussa 7,5 tonnia kuiva-ainetta/ha. Satovuosia on laskettu olevan yhdeksän niin, että ensimmäinen korjuukelpoinen sato kevätkorjuussa saadaan kahden vuoden kuluttua kylvöstä ja syyskorjuussa kylvöä seuraavan vuoden syksynä. Kasvuston kierroksi kevätkorjuussa tulee siten 11 vuotta ja syyskorjuussa 10 vuotta. Kasvuston perustamisvaiheessa tyyppiä annetaan 75 kg/ha, ja sen jälkeen vuosittain kevätkorjuussa 65 kg/ha ja syyskorjuussa 100 kg/ha. Kylvövuonna rikkakasvien torjuntaan käytetään kevätviljherbisidiä.

Työkustannuksena on käytetty 50 mk/h ja pääoman korkona 5 %. Maan pääomakustannuksena on käytetty 800 mk/ha vuodessa. Tämä vastaa noin 10 000–12 000 mk pellon hintaa 20–25 vuoden poistoajalla ja 3–5 % reaalikorolla. Koska maan pääomakustannus kohdistuu tuotantoon kaikkina viljelyyn sidottuina vuosina (kevätkorjuus-

**Taulukko 63.** Tuotantokustannuslaskelmissa käytetyt paalien mitat, tiheydet ja painot.

	Kovapaalit	Pyöröpaalit	Kanttipaalit
Leveys, m	0,46	1,2	0,8
Korkeus, m	0,36		0,5
Pituus/halkaisija, m	0,92	1,5	2
Tiheys, kg/m <sup>3</sup> (ka)	90	100	160
Tilavuus, m <sup>3</sup>	0,15	2,12	0,8
Paino, kg (ka)	14	212	128

**Taulukko 64.** Paalausmenetelmien työnmenekit ja koneaika pellolla (h/ha) satovuotta kohti ruokohelven kevätkorjuussa. Koko tuotannon koneaika sisältää myös siirtymiset lohkolle ym.

	Paalaus		Paalien keruu		Korjuu yht.		Koko tuotanto	
	Työ	Kone	Työ	Kone	Työ	Kone	Työ	Kone
Pyöröpaalaus	1,29	1,03	0,93	0,78	3,00	2,45	3,82	3,20
Kovapaalaus	1,10	0,88	2,01	1,67	3,90	3,19	4,72	3,97
Kanttipaalaus	0,60	0,47	1,51	1,26	3,39	2,79	4,21	3,55

sa ei laskettu lopettamisvuotta), saadaan satovuotia kohti laskettaessa maan pääomakustannukseksi noin 890 mk/ha. Maan pääomakustannuksen voidaan katsoa vastaavan myös pellon vuokratilaa. Viljelystä aiheutuvien muuttuvien kustannusten sekä saatujen tuottojen perusteella on laskettu tulojen ja menojen nettohyödykkeet sekä näiden perusteella ns. liikepääoman vaihtoehtoiskustannus.

Kasvuston perustaminen ja vuosittainen lannoitus tehdään normaaleilla viljan- ja nurmenviljelyyn soveltuvilla koneilla. Syyskorjuussa heinä niittomurskataan ja pöyhitään kolme kertaa ennen karhotusta ja paalausta. Kevätkorjuussa heinä paalataan pöyhimättä. Paalit varastoidaan peltolohkon läheisyydessä ulkona, muovikalvolla tai halvalla kuormapeitteellä peitettyinä. Tarkasteltavat koneketjut sekä konetöiden hinnoittelu on eritelty liitteessä 8 ja paalien mitat, tiheydet ja painot taulukossa 63.

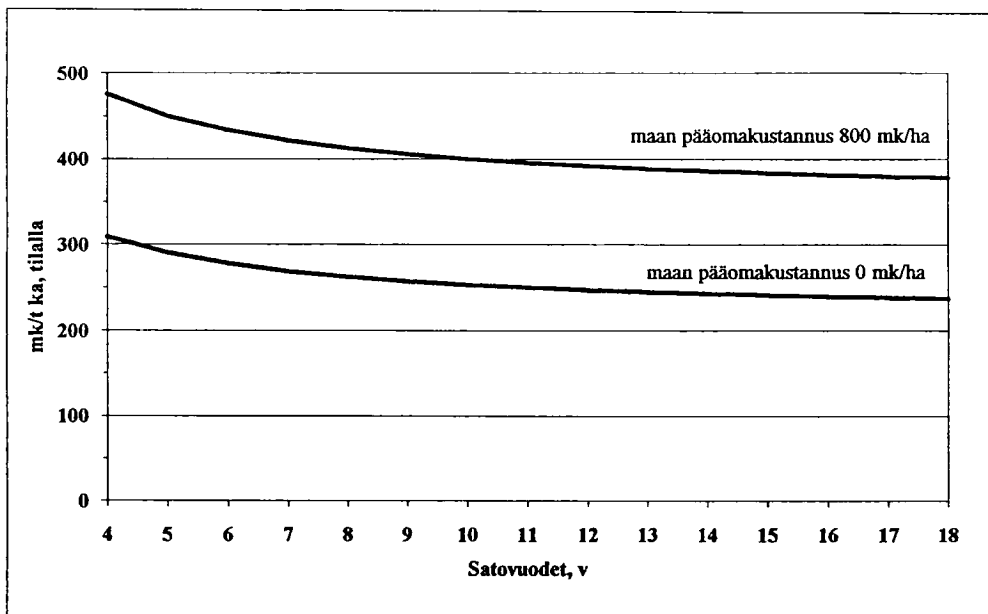
Kuljetus tehtaalle on laskettu 50 km:n kuljetusmatkan mukaan räysperävaunure-

kalla. Rekan veloituksena on käytetty 200 mk/h, jolloin kuljetuskustannukseksi on saatu 65,7 mk/t. Tuntiveloituksella 250 mk kuljetuskustannus on 82,2 mk/t.

Kustannuslaskelmat sisältävät kone-, tarvike- ja työkustannukset tilalla sekä kuljetuskustannukset tilalta sellutehtaalle ja ne on tehty kuiva-ainetonnia kohden. Tarvikkeiden hinnat ovat kevään -95 arvonnäkö- ja hintojen perusteella. Laskelmiin ei sisälly mitään tukia.

## 7.2 Työnmenekit

Eri paalausmenetelmien työnmenekit satovuotta kohti ruokohelven kevätkorjuussa on esitetty taulukossa 64. Taulukossa on erikseen sekä työnmenekit että koneajat pellolla. Kunkin yksittäisen työvaiheen koneajat on esitetty liitteessä 8. Pyörö- ja kovapaalauksessa paalaus tehdään suoraan niittokoneen karholta. Kanttipaalaimen suuri teho pystytään hyödyntämään paremmin, kun kaksi niittokarhoa yhdiste-



**Kuva 8.** Satovuosien vaikutus ruokohelven tuotantokustannuksiin tilalla. Muut lähtötiedot kuten taulukossa 65.

tään yhdeksi karhottimen avulla. Pyöröpaalauksen kapasiteetti koneaikojen perusteella on noin 1,0 ha/h, kovapaalauksen 1,1 ha/h ja kanttipaalauksen 2,1 ha/h. Työntuotos riippuu mm. ajonopeudesta, karhojen leveydestä, sidontatavasta, koneen mallista, lohkon muodosta ja paalien painosta.

Laskelmissa yhden paalin keskimääräiseksi siirtomatkaksi välivarastoon tulee vain 100 m. Mikäli paalien välivarasto on kauempana, joudutaan käyttämään perävaunua ja tällöin kanttipaalien hyvästä pakattavuudesta on hyötyä. Kovapaalien siirto välivarastoon on työlästä verrattuna muihin menetelmiin.

Koko tuotannon työnmenekit on laskettu vain välittömien kasvinviljelytoiden osalta, joten viljelyn suunnittelun, viljelytarvikkeiden hankinnan, markkinoinnin ja taloushallinnon edellyttämä työpanos jää tarkastelun ulkopuolelle. Satovuotta ja hehtaaria kohti laskettu työnmenekki pyöröpaalaimella kevätkorjatun ruokohelven tuotannossa on 3,8 h/ha. Kanttipaalaimen menetelmässä työnmenekki on 4,2 h/ha ja kovapaalausmenetelmässä 4,7 h/ha. Syys-

korjuussa koko tuotannon työnmenekki on 6,6 h/ha. Syyskorjuun työnmenekkiä nostaa lähinnä korkeampi sato sekä kasvuston pöyhintäkerrat ennen paalausta.

## 7.3 Kevätkorjuun tuotantokustannukset

### 7.3.1 Pyöröpaalaus

Keväällä pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannus tilalla on 406 mk/t, kun maan pääomakustannus on 800 mk/ha. Kuljetuksen jälkeen kustannus selutehtaalla on 471 mk/t. Tarkempi erittely tuotantokustannuksista on taulukossa 65.

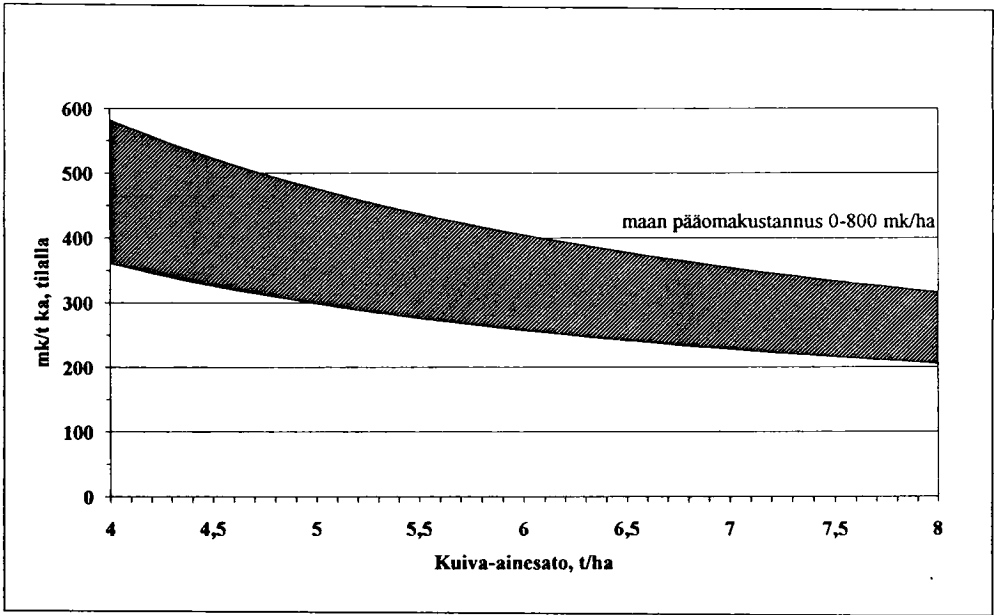
Kustannustekijöistä maan pääomakustannus, lannoitteet, kiinteät konekustannukset ja kuljetus ovat merkittävimmät. Työkustannuksen ja koron vaikutus kustannuksiin on vähäinen. Työkustannukset ovat 32 mk/t, kun otetaan huomioon vain välittömät työtunnit. Korkokustannus (liikepääoma ja konepääoma) on 31 mk/t. Kasvuston perustamiskustannusten vaikutus tuotantokustannuksiin on vähäinen, jos vil-

**Taulukko 65.** Keväällä pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannuslaskelma. Pääoman korko 5 %, työkustannus 50 mk/h, vuosittainen typpilannoitus 65 kg N/ha, maan pääomakustannus 800 mk/ha, viljelykierto 11 v, satovuosia 9 ja sato 6 t kuiva-ainetta/ha. Laskelma tehty satovuotta kohti.

	Määrä	a'mk	Satovuotta kohti					h/ha	h/t
			mk/ha	mk/ha	mk/t	%	h/ha		
<b>Perustaminen</b>	1 krt/kierto								
Siemenet, kg	15	46	690,0	76,7	12,8	2,7			
Lannoitteet, TR3, kg	415	1,40	581,0	64,6	10,8	2,3			
Torjunta-aineet, l	2,0	32,10	64,2	7,1	1,2	0,3			
Koneet, h	3,94		535,7	59,5	9,9	2,1	0,44	0,07	
Ihmistyö, h	4,62	50	231,0	25,7	4,3	0,9	0,51	0,09	
<b>Perustaminen yht.</b>			<b>2102</b>	<b>234</b>	<b>39</b>	<b>8,3</b>			
<b>Hoitto</b>	9 krt/kierto								
Lannoitteet, TR2, kg	325	1,36	442,0	442,0	73,7	15,6			
Koneet, h	0,29		33,2	33,2	5,5	1,2	0,26	0,04	
Ihmistyö, h	0,34	50	17,2	17,2	2,9	0,6	0,31	0,05	
<b>Hoitto yht.</b>			<b>492</b>	<b>492</b>	<b>82</b>	<b>17,4</b>			
<b>Korjuu</b>	9 krt/kierto								
Paalinaru, m	1600	0,03	53,3	53,3	8,9	1,9			
Varastointimuovi, t	6,0	7,0	42,0	42,0	7,0	1,5			
Koneet, h	2,51		488,1	488,1	81,4	17,3	2,51	0,42	
Ihmistyö, h	3,00	50	149,9	149,9	25,0	5,3	3,00	0,50	
<b>Korjuu yht.</b>			<b>733</b>	<b>733</b>	<b>122</b>	<b>25,9</b>			
Kuljetus (50 km), t	6,0	65,7	394,5	394,5	65,7	14,0			
Maan pääomakustannus			800,0	888,9	148,1	31,4			
Liikepääoman vaihtoehtokustannus				85,1	14,2	3,0			
<b>Kustannukset yhteensä</b>				<b>2828</b>	<b>471</b>	<b>100,0</b>			
Koneet yhteensä				581	97	20,5	3,20	0,53	
Ihmistyö yhteensä				193	32	6,8	3,82	0,64	

	Maapohja mukana			Ei maapohjaa	
	mk/ha	mk/t	%	mk/t	%
Lannoitteet	506,6	84,4	17,9	84,4	26,1
Muut tarvikkeet	179,1	29,9	6,3	29,9	9,2
Konekustannukset	116,9	19,5	4,1	19,5	6,0
Liikepääoman vaihtoehtokustannus	85,1	14,2	3,0	14,2	4,4
Kuljetus	394,5	65,7	14,0	65,7	20,3
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>	<b>1282</b>	<b>214</b>	<b>45,3</b>	<b>214</b>	<b>66,1</b>
<b>Työkustannus</b>	<b>192,8</b>	<b>32,1</b>	<b>6,8</b>	<b>32,1</b>	<b>9,9</b>
<b>Muuttuvat+työkustannus yhteensä</b>	<b>1475</b>	<b>246</b>	<b>52,2</b>	<b>246</b>	<b>76,1</b>
Konekustannukset	463,9	77,3	16,4	77,3	23,9
Maan pääomakustannus	888,9	148,1	31,4		
<b>Kiinteät kustannukset yhteensä</b>	<b>1353</b>	<b>225</b>	<b>47,8</b>	<b>77</b>	<b>23,9</b>
<b>Kustannukset yhteensä</b>	<b>2828</b>	<b>471</b>	<b>100,0</b>	<b>323</b>	<b>100,0</b>

Kaikki hinnat maaliskuun 95 arvonlisäverottomia hintoja, ellei toisin mainittu  
Lannoitteet: suositushinta suursäkelissä + rahti 5 p/kg  
Konekustannukset: helmikuun 95 arvonlisäverottomat hinnat  
Työkoneiden kunnossapitokustannus 5 % hankintahinnasta, josta 2 % laskettu muuttuviin  
Työkustannuksessa mukana vain kasviviljelytyöt  
Kalkitus ja salaajien poiston on oletettu sisältyvän maapohjan kustannukseen



**Kuva 9.** Ruokohelven tuotantokustannus tilalla, kun maan pääomakustannus on 0–800 mk/ha ja sato on 4–8 t ka/ha. Muut lähtötiedot kuten taulukossa 65.

jelykierto on pitkä. Kun satovuosia on yli viisi, niin tilahinta on jo alle 450 mk/t. Satovuosien vaikutus tuotantokustannuksiin tilalla on esitetty kuvassa 8.

Tuotantokustannus riippuu erittäin voimakkaasti sadosta. Neljän tonnin kuiva-ainesadolla tuotantokustannukset tilalla ovat 583 mk/t, mutta kahdeksan tonnin sadolla vain 317 mk/t (kuva 9). Biologisen sadon lisäksi on tärkeää, että korjuu- ja varastointitappiot pysyvät kohtuullisina. Taulukkoon 66 on laskettu 5, 6 ja 7 tonnin kuiva-ainesadoilla tuotantokustannukset sekä tilalla että sellutehtaalla.

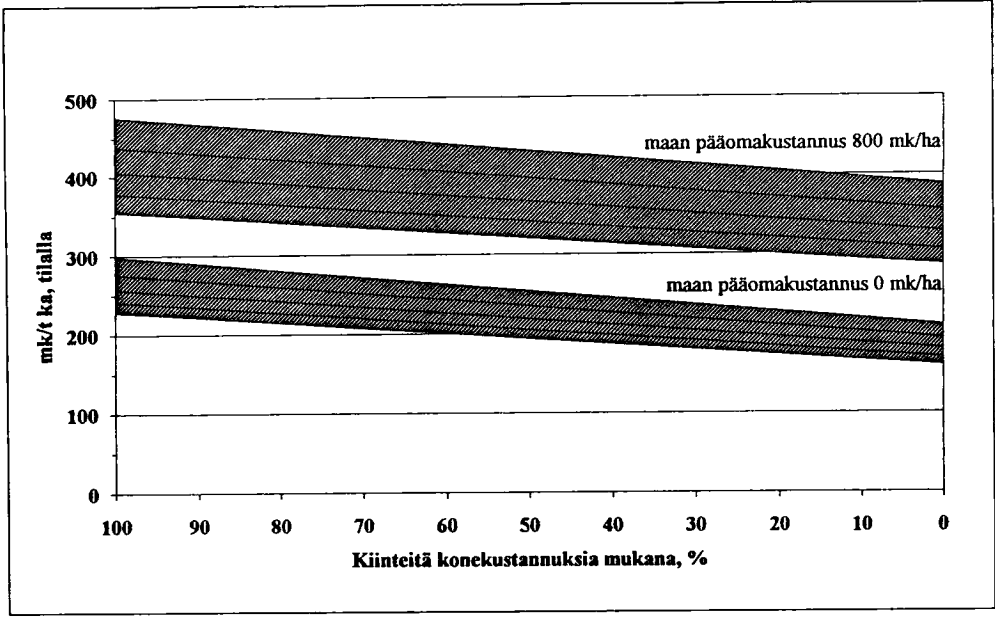
Viljelyssä käytettävien koneiden tunti-kustannukset perustuvat vuokratyön hinnoitteluperusteisiin, joten koneiden vuosittaiset käyttömäärät on laskettu suhteellisen suuriksi. Esimerkiksi pyöröpaalaimen vuosittainen käyttömäärä on 70 h, jolloin konetta on oletettu käytettävän tehokkaasti myös oljen ja rehun korjuussa. Melko suurista käyttömääristä huolimatta on kiinteiden konekustannusten osuus tuotantokustannuksista 77 mk/t. Kuvaan 10 on laskettu tuotantokustannuksen muutos, jos kiinteitä konekustannuksia pystytettiin edelleen pienentämään. Kuvassa sato on

5–7 tonnia kuiva-ainetta/ha.

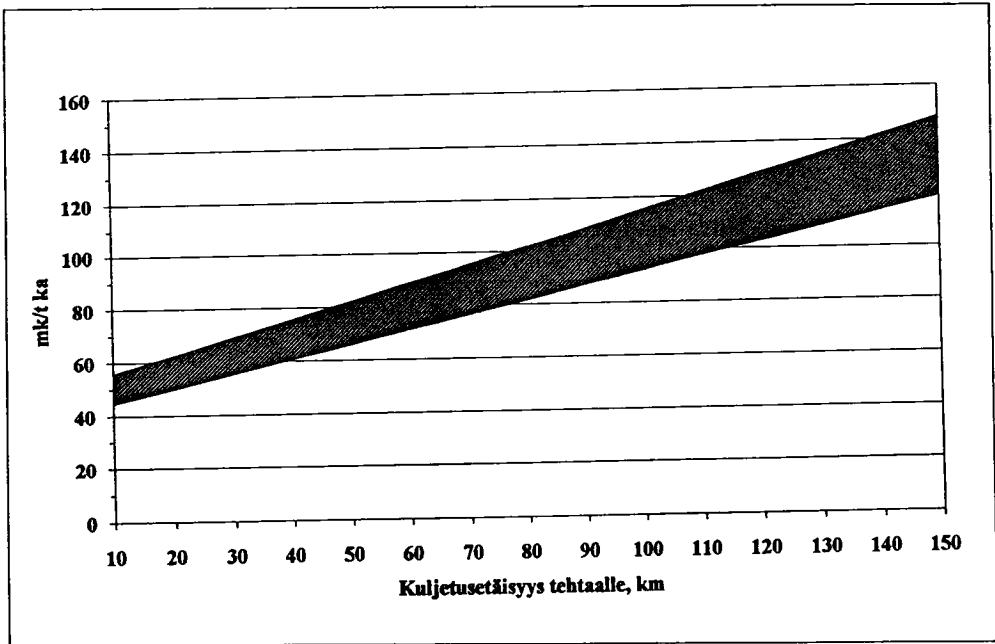
Kuljetuskustannukset tehtaalle riippuvat sekä kuljetettavasta matkasta että paalien lastaukseen ja purkuun kuluvasta ajasta. Kun keskimääräinen kuljetusetäisyys on 100 km, niin kuljetuskustannukset ovat 26–33 mk/t kalliimmat kuin 50 km:n kuljetusetäisyydellä (Kuva 11).

Paalien lastaus ja purku on oletettu melko hitaiksi, joten näiden yhteenlaskettu kustannus on noin 40–50 mk/t. Pyöröpaalien kuljetuksessa kuorman painoksi on arvioitu 11 tonnia (kuiva-ainekuorma), joten rajoittava tekijä ei ole paino, vaan tilavuus. Kuljetuskustannusten kannalta on tärkeää, että hankintaetäisyys pysyy kohtuullisena ja paalien lastausta sekä purkua pystytään nopeuttamaan. Pyöröpaalien tiheyden kasvattaminen niin, että paino nousee 212 kilosta 250 kiloon (ka) laskee kuljetuskustannuksia 10 mk/t.

Maan pääomakustannuksen vaikutus tuotantokustannuksiin on 148 mk/t, kun sato on 6 tonnia kuiva-ainetta/ha. Taulukoissa 65 ja 66 sekä kuvissa 8–10 on maan pääomakustannuksen laskettu olevan 0–800 mk/ha.



**Kuva 10.** Ruokohelven tuotantokustannus tilalla, kun maan pääomakustannus on 0 tai 800 mk/ha. Sato on simuloitu välillä 5–7 t ka/ha, 0,5 t portain. Kuvion oikeassa laidassa vain tuotannon muuttuvat kustannukset on huomioitu. Muut lähtötiedot kuten taulukossa 65.



**Kuva 11.** Pyöröpaalien kuljetuskustannus tehtaalle, kun matka yhteen suuntaan on 10–150 km. Täysperävaunurekan kustannuksena on käytetty 200–250 mk/h.



**Taulukko 66.** Sadon ja maan pääomakustannuksen vaikutus keväällä pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannuksiin (mk/t ka). Lähtötiedot kuten taulukossa 65.

Maapohja, mk/ha	0					800
Sato, t ka/ha	5,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,0
Tilalla	299	257	228	476	406	355
Sellutehtaalla	364	323	294	542	471	421

### 7.3.2 Kova- ja kanttipaalaus

Kovapaalaimen käyttömääränä on käytetty 40 h/v ja kanttipaalaimen 90 h/v. Näillä käyttömäärillä kovapaalausmenetelmän tuotantokustannus tilalla on 275 mk/t (ei maan pääomakustannusta) eli 18 mk/t kalliimpi kuin pyöröpaalauksessa. Kanttipaalausmenetelmän vastaava tuotantokustannus on 270 mk/t eli 13 mk/t kalliimpi kuin pyöröpaalauksessa.

Vuosittaisen korjuualan vaikutusta eri paalausmenetelmien tuotantokustannuksiin tilalla on esitetty kuvassa 12. Alle 50 hehtaarin vuosittaisella käyttömäärällä kovapaalausmenetelmä on edullisempi kuin pyöröpaalaus. Kovapaalien käsittelyssä paalien kuormaaminen ja kuormien purkaminen tiiviisiin kasoihin koneellisesti on ongelmallista. Kanttipaalaimen investointikustannus on niin suuri, että sen käyttö tulee kannattavaksi vasta, kun paalaimen vuosittainen käyttöala on yli 100 ha. Varastoinnissa tilalla ja tehtaalla, samoin kuin pitkillä kuljetusmatkoilla, on kanttipaalien hyvästä pakattavuudesta hyötyä. Kanttipaalaimet ovat Suomessa vielä harvinaisia.

### 7.4 Syyskorjuu pyöröpaalaimella

Syyskesällä pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannukset tilalla ovat 590 mk/t ja sellutehtaalla 656 mk/t, kun maan pääomakustannus on 800 mk/ha. Kustannukset ovat 185 mk/t korkeammat kuin kevätkorjuussa. Ilman maan pääomakustannusta tuotantokustannukset tilalla ovat 472 mk/t ja sellutehtaalla 538 mk/t, eli

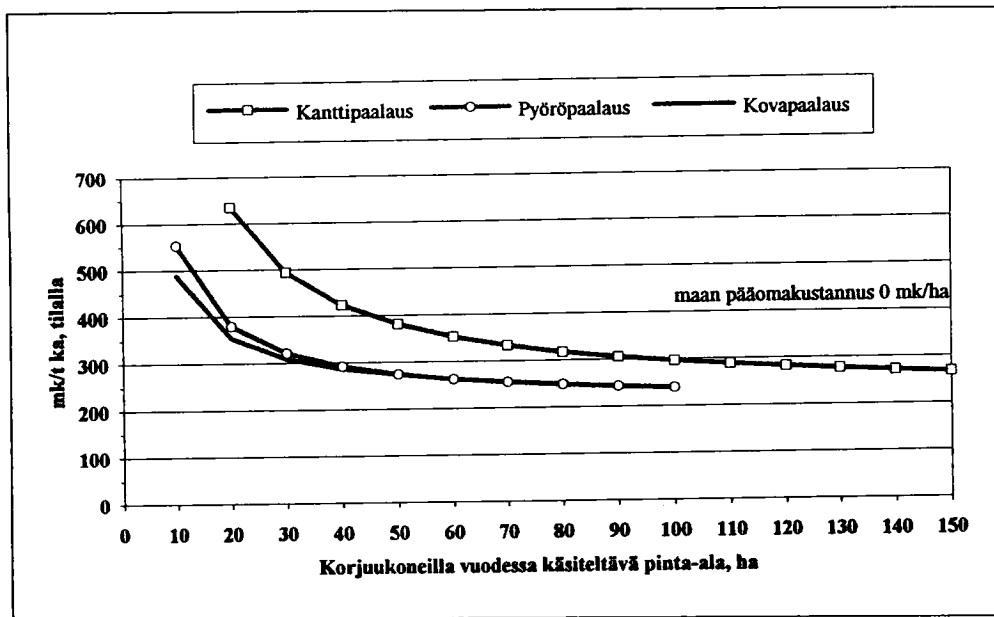
215 mk/t korkeammat kuin kevätkorjuussa. Syyskorjuun kustannuksia nostaa varsinkin paalien kuivaus sekä suurempi lannoitustarve. Myös pöyhintäkerrat ja karhotus nostavat kesäkorjuun kustannuksia. Syyskorjuun tuotantokustannuslaskelma on liitteenä 9.

Kuivauksen hinnaksi on laskettu 200 mk/t, mikä tarkoittaa hyvin kevytrakenteista paalikuivuria. Jos ruokohelpi voidaan korjata syyskesällä kuivaamatta, sen tuotantokustannus (471 mk/t) on sama kuin kevätkorjuussa. Mikäli puolet syyskesän sadosta joudutaan kuivaamaan, on tuotantokustannus jo 564 mk/t.

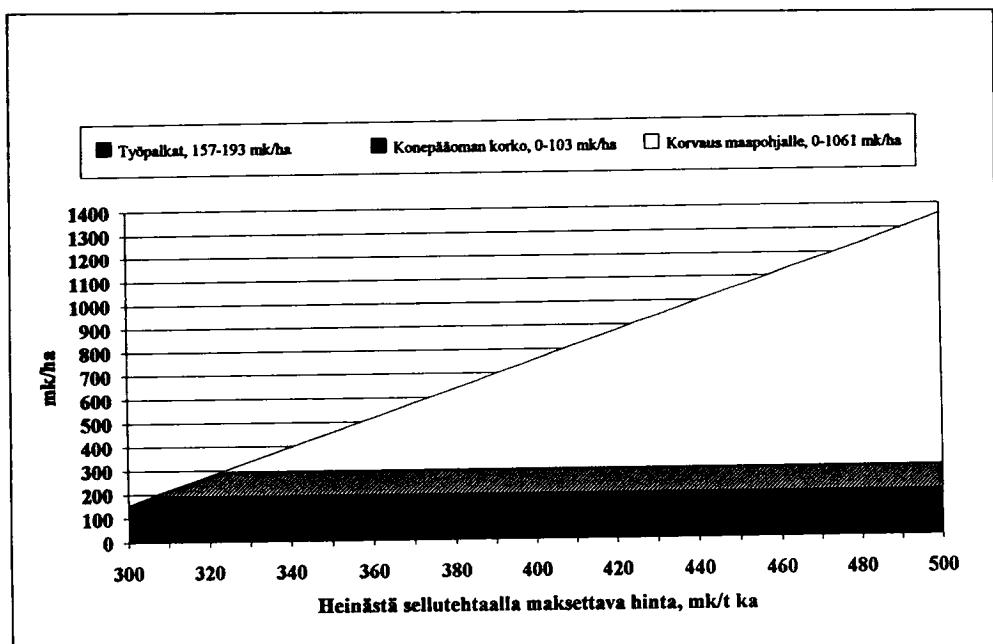
### 7.5 Viljelijän tulonmuodostus

Ruokohelven hinnan tehtaalla pitää olla kilpailukykyinen koivukuidun kanssa. Jos kevätkorjatusta ruokohelvestä maksetaan sellutehtaalle toimitettuna 400 mk/tonni kuiva-ainetta, niin kuljetuskustannusten jälkeen tuotantokustannukset tilalla saavat olla suuruusluokkaa 320–330 mk/t. Tällä hinnalla saadaan katetuksi tuotantotarvikkeet, käytettävien koneiden muuttuvat ja kiinteät kustannukset sekä korvaus työlle (Kuva 13). Lisäksi maan pääomakustannuksen katteeksi viljelyvuotta kohti jää 400–415 mk/ha. Laskelmissa maalle käytetyn pääomakustannuksen, 800 mk/ha, saavuttaminen edellyttää koneiden käytön tehostamista sekä lisäksi satotason nostoa.

Maksettavan hinnan lisäksi viljelijää kiinnostaa minkäläisen katteen ruokohelven viljely tuottaa verrattuna muihin vaihtoehtoihin pellonkäyttömuotoihin.



Kuva 12. Eri paalausmenetelmien tuotantokustannukset ruokohelven kevätkorjuussa, kun paalainten vuosittainen korjuuala (kuituheinä + muu korjuuala) vaihtelee. Kovapaalaimen maksimikäytöksi on oletettu 50 ha ja pyöröpaalaimen 100 ha.



Kuva 13. Viljelijälle ruokohelven viljelystä jäävä korvaus, kun myyntihinnasta on vähennetty muuttuvat kustannukset (lannoitteet, tarvikkeet, rahti) ja koneiden poisto (kuluminen). Kustannukset laskettu taulukon 65 lähtöarvoilla.

**Taulukko 67.** Pyöröpaalaimella kevätkorjatun ruokohelven ja ohran vertailulaskelma. Koneiden ja tarvikkeiden hinnat ovat kevään -95 arvonnäisäverottomia hintoja. Kustannukset on määritetty seuraavasti:

- 1) Siemenet, lannoitteet yms. sekä koneiden ja viljankuivaamon muuttuvat kustannukset
- 2) Vain välittömät työtunnit huomioitu, 50 mk/h
- 3) Koneiden ja viljankuivaamon poisto, säilytys ja vakuutus. Ei sisällä maan pääomakustannusta.
- 4) Koneiden, viljankuivaamon ja liikepääoman korko, 5 %
- 5) Maan pääomakustannus 800 mk/ha. Ruokohelvellä 9 satovuotta kohti 10 x 800 mk/ha

	Helpi	Ohra	Erotus
Sato, kg/ha	6000	3500	
Tuottajahinta, mk/kg	0,32	0,70	
<b>Myyntituotot</b>	<b>1920</b>	<b>2450</b>	<b>-530</b>
<b>Kustannukset</b>			
- Viljelytarvikkeet 1)	803	1316	-514
- Työkustannus 2)	193	355	-163
- Poistot ym. 3)	361	1020	-659
- Korot 4)	188	391	-203
- Maan pääomakustannus 5)	889	800	89
<b>Kustannukset yhteensä</b>	<b>2433</b>	<b>3882</b>	<b>-1538</b>
Kate 1 (tuotot - viljelytarvikkeet)	1117	1134	-16
Kate 2 (kate 1 - työkustannus)	925	778	146
Kate 3 (kate 2 - poistot ym.)	563	-242	805
Kate 4 (kate 3 - korot)	376	-632	1008
Kate 5 (kate 4 - maan pääomakustannus)	-513	-1432	919
Työtä noin, h/ha	4	7	

Taulukkoon 67 on laskettu ruokohelven ja rehuohran katetuottojen vertailulaskelma ilman hehtaaritukia tai lisähintoja. Hehtaaritukien vaikutus eri kasveista saataviin tuottoihin on oleellinen. Arvio ruokohelvelle maksettavista hehtaarituista syksyllä 1995 on esitetty liitteessä 10. Vertailulaskelmassa on ohran tuottajahintana rahdin ja vähennysten jälkeen käytetty 70 p/kg ka ja ruokohelvellä 32 p/kuiva-ainekilo. Laskelmassa koneiden ja tuotantotarvikkeiden hinnat ovat kevään -95 tasoa.

Laskelmien mukaan rehuohran myyntituotot ovat noin 500 mk/ha korkeammat kuin ruokohelvellä. Kun myyntituotoista vähennetään muuttuvat kustannukset päädytään molemmilla kasveilla suunnilleen

yhtäsuuriin katteisiin. Koneiden poistot ja korot huomioon ottaen saadaan ruokohelvellä tämän laskelman mukaan parempi tulos. Työtunteja hehtaaria kohti on ruokohelven viljelyssä laskettu noin 4 ja rehuohralla noin 7.

Tilakohtaiset tekijät kuten sadot, tuottajahinnat ja viljelykustannukset, vaikuttavat vertailuun huomattavasti. Ohran sato 3500 kg/ha on käytännön kokemusten mukaan keskimääräinen sato. Ruokohelven sadosta laajamittaisessa viljelyssä ei ole käytännön kokemuksia. Esimerkiksi neljän tonnin kuiva-ainesadolla ruokohelven myyntituotot olisivat 640 mk/ha pienemmät kuin vertailulaskelmassa.

## 7.6 Yhteenveto tuotantokustannuksista

Pyöröpaalauksen työntuotos on noin 1,0 ha/h, kovapaalauksen 1,1 ha/h ja kanttipaalauksen 2,1 ha/h. Korjuuketjujen työntuotokseen vaikuttaa lisäksi miten korjuu kokonaisuudessaan on organisoitu. Viljelijä voi hoitaa heinän niiton ja paalien keruun pellon laitaan, mutta paalaus annetaan urakoitsijan tehtäväksi tai viljelijä voi itse tehdä kaikki korjuun työvaiheet.

Vuosittainen kokonaistyönmenekki on syyskorjuussa 6,6 h/ha. Kevätkorjuussa ei tarvita niitetyn kasvuston pöyhintöjä, joten työnmenekki pienenee 3,8 tuntiin hehtaaria kohti. Työnmenekit sisältävät vain välittömät tuotantoon liittyvät työt.

Keväällä pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannus tilalla on 406 mk/t ja tehtaalla 471 mk/t, kun sato on 6 tonnia kuiva-ainetta/ha. Eniten tuotantokustannuksiin vaikuttaa sato ja maan pääomakustannus. Sadon ollessa 4–8 tonnia kuiva-ainetta/ha ovat tuotantokustannukset tilalla 580–320 mk/t. Laskelmissa maan pääomakustannus on 800 mk/ha. Kuljetuskustannukset tilalta tehtaalle ovat 66–82 mk/t, kun kuljetusetäisyys on 50 km ja täysperävaunuyhdistelmän tuntiveloitus 200–250 mk/h.

Kiinteiden kustannusten osuus on 48 % ja muuttuvien kustannusten osuus on 45 % tuotantokustannuksista. Työkustannusten osuus on noin 7 %. Kiinteät kustannukset muodostuvat maan pääomakustannuksesta ja konekustannuksista. Maan pääomakustannuksen osuus on 31 % ja kiinteiden konekustannusten osuus noin 16 % kokonaiskustannuksista. Muuttuvista kustannuksista merkittävimmät ovat lannoitus ja kuljetus. Lannoituksen osuus tuotantokustannuksista on noin 18 % ja kuljetuksen 14 %.

Syyskesällä korjatun ruokohelven tuotantokustannus on 185–215 mk/t korkeampi kuin kevätkorjuussa. Syyskorjuun kustannuksia nostaa paalien kuivaus sekä suurempi lannoitustarve. Kuivaus nostaa

tuotannon kiinteiden kustannusten osuuden 51 %:iin.

Vähennettäessä oletetusta myyntituotosta muuttuvat kustannukset ja työkustannus jää ruokohelven viljelystä noin 920 mk/ha kiinteiden kustannusten katteeksi. Vastaava kate ohralla on suuruudeltaan noin 780 mk/ha. Kiinteät kustannukset ovat ruokohelven tuotannossa noin 1400 mk/ha ja ohralla noin 2200 mk/ha.

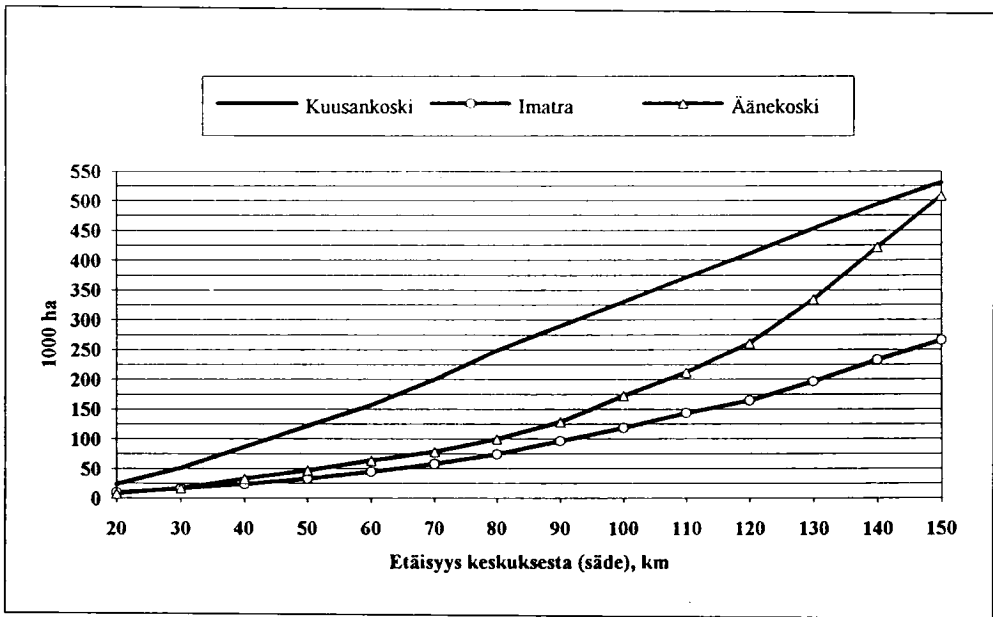
## 8 Saatavuus selvitys

### 8.1 Kokonaispeltoalat

Edellytyksiä ruokohelven tuotantoon arvioitiin selvittämällä kokonaispeltoalat eräiden mahdollisten sellutehdaspaikkakuntien ympärillä. Kuvassa 14 on esitetty arvio kokonaispeltoaloista Kuusankosken, Imatran ja Äänekosken läheisyydessä, kun etäisyys kyseisistä kaupungeista on 20–150 kilometriä. Kokonaispeltoalat on laskettu vuoden 1994 kuntakohtaisen maatilarekisterin perusteella, ja ne sisältävät kaikkien tilojen viljelystä olevan peltoalan.

Kuntien peltoaloja arvioitaessa pyrittiin karkeaan malliin niin, että säteet piirrettiin 10 km:n välein ja säteiden sisälle jäävä peltoala arvioitiin korkeintaan 10 %:n tarkkuudella. Suurten järvien sijainti pyrittiin ottamaan huomioon pinta-aloja arvioitaessa, mutta metsien ja peltojen keskinäistä sijaintia ei arvioitu. Kun kunta mahtui kokonaan tietyn säteen sisäpuolelle, otettiin kunnan koko tilastollinen viljelyala huomioon.

Taulukkoon 68 on laskettu kokonaispeltoalat seitsemän mahdollisen sellutehdaspaikkakunnan ympärillä 50 ja 100 kilometrin säteellä. Taulukko perustuu maatalouslaskentaan 1990, joten Kuusankosken, Imatran ja Äänekosken peltoalat poikkeavat hieman kuvan 14 peltoaloista. Parhaimmalta sijoituspaikalta ruokohelven



**Kuva 14.** Arvio kokonaispeltoaloista (1000 ha), kun etäisyys Kuusankoskelta, Imatralta ja Äänekoskelta on 20–150 km. Peltoalat perustuvat vuoden 1994 kuntakohtaiseen maatilarekisteriin.

kilometrin säteellä sellutehtaasta on käytävissä noin 130 000 hehtaarin kokonaispeltoala. Kyseisen alueen käyttöä rajoittaa jonkin verran maalajien huonohko soveltuvuus ruokohelven viljelyyn. Erityyppisiä savialueita on noin 46 prosenttia peltoalasta 50 kilometrin säteellä Kuusankoskelta. Vastaavasti 100 kilometrin säteellä Kuusankoskelta on noin 350 000 hehtaaria peltoa, joista erityyppisten savimaiden osuus on 33 prosenttia.

## 8.2 Viljelyhalukkuuskysely

### 8.2.1 Aineisto ja menetelmät

Viljelijöiden kiinnostusta tuottaa ruokohelpeä kartoitettiin kirjekyselyllä Kuusankosken, Imatran ja Äänekosken läheisyydessä. Otanta-alueeksi valittiin kullakin paikkakunnalta 50 kilometrin säteellä olevat kunnat, joiden maa-alasta suurin osa jäi säteen sisälle. Otanta tehtiin maa- ja metsätalousministeriön tietopalveluyksikössä vuoden 1994 maatilarekisterin aineistosta. Kunnan sisällä tilojen valinta oli täysin satunnainen.

Tiloja ei rajattu tuotantosuunnan mukaan, mutta tuotannonkeskeytys-, luopumis- ym. sopimuksen tehneet tilat rajattiin otoksen ulkopuolelle.

Ennen varsinaista kyselyä tehtiin esikysely Kuusankosken alueella 40 tilalle, joiden hallinnassa oleva peltoala oli yli 5 ha. Esikyselyn palautti 4 % tiloista, minkä vuoksi suoritettiin puhelinkysely vastaamattomuuden syistä. Yleisin syy vastaamatta jättämisestä oli, ettei tila ollut enää aktiivituotannossa tai tuotantosuunta ei sopinut kuidun tai energian tuotantoon. Suuri osa vastaamatta jättäneistä oli pieniä tiloja. Esikyselyn kokemusten johdosta kyselylomaketta yksinkertaistettiin, ja varsinaiseen otokseen otettiin mukaan vain ne tilat, joiden hallinnassa oleva (oma + vuokrattu) peltoala oli vähintään 15 ha.

Kuusankosken alueella otoskoko oli 1002 kpl ja kysely toteutettiin elokuussa 1995. Imatran ja Äänekosken kyselyissä otoskoko oli 500 kpl ja ne toteutettiin lokakuussa 1995. Kunkin alueen kuntaluettelo, sekä ostotilojen lukumäärät ja peltoalat kunnittain on esitetty liitteessä 11. Kyselylomakkeen mukana viljelijöille lähetettiin

**Taulukko 68.** Kokonaispeltoala kunkin sellutehdastaajaman ympärillä kuntarajoja mukailten 50 ja 100 kilometrin säteellä.

	Kokonaispeltoala, ha	
	Säde 50 km	Säde 100 km
Imatra	43 758	106 652
Oulu	42 044	142 332
Lappeenranta	59 088	160 864
Varkaus	39 792	166 310
Äänekoski	53 306	169 585
Pietarsaari	61 060	280 365
Kuusankoski	131 401	353 977

**Taulukko 69.** Viljelijäkyselyn otostilojen, kyselyyn vastanneiden ja kaikkien alueen tilojen lukumäärät ja peltoalat. Prosenttiosuudet on laskettu alueen yli 15 hehtaarin tiloista. Taulukkoon on laskettu myös maatilarekisterin 1994 mukaiset peltoalat kyseisiltä alueilta.

	Kuusankoski				Imatra				Äänekoski			
	kpl	%	ha	%	kpl	%	ha	%	kpl	%	ha	%
Otostilat	1002	31	32506	31	500	43	13301	43	500	42	13183	42
Vastanneet	381	12	13360	13	171	15	4673	15	195	16	5566	18
Tilat yli 15 ha	3265		103262		1160		30974		1201		31183	
Maatilarekisteri 94	8831		127939		4535		46046		5808		48260	

lyhyt selostus ruokohelven viljelytekniikasta sekä viljelyn taloudesta. Kyselylomake on liitteenä 12.

Muistutuskirjeen jälkeen kyselyn vastausprosentiksi saatiin Kuusankoskella 38, Imatralla 34 ja Äänekoskella 39. Vastanneiden tilojen peltoalat edustivat Kuusankoskella 13 %, Imatralla 15 % ja Äänekoskella 18 % alueiden yli 15 ha:n tilojen peltoaloista. Alueiden kaikkien tilojen (myös alle 15 ha:n tilat) peltoaloista oli vastanneiden osuus 10–12 % (Taulukko 69).

### 8.2.2 Vastanneiden taustamuuttajat

Suurimmat tilat olivat Kymenlaakson alueella, jossa tilojen keskipeltoala oli 35,3 ha. Imatran ja Äänekosken alueilla keskimää-

räinen peltola oli 27,3 ja 28,5 ha. Kyselyssä peltoalalla tarkoitettiin kesäkuussa -95 tilalla hallinnassa olevaa omaa ja vuokrattua peltoalaa. Vastanneiden sijoittuminen eri peltoalaluokkiin on esitetty liitteessä 13. Kuusankosken alueella vilja-, öljy- ja palkokasvien ala tilaa kohti oli selvästi suurempi kuin Imatralla ja Äänekoskella. Keskimääräinen nurmiala oli suurin Äänekosken alueella. Vastanneiden kokonaispeltoaloista oli kesannoituna Kuusankoskella 11 % ja Imatralla sekä Äänekoskella 10 %. Kesannoivien tilojen keskimääräinen kesantoala eri alueilla oli 5,5–7,5 ha. Tarkempi pellon käytön erittely alueittain on liitteessä 14.

Yleisin tuotantosuuruus Kuusankosken alueella oli viljanviljely. Imatran ja Äänekosken alueilla suurin osa vastanneista tiloista harjoitti lypsykarjataloutta. Tiloja,

**Taulukko 70.** Viljelijöiden kiinnostus ruokohelven tuotantoon, jos markkinoita olisi ja tuotteen hinta olisi tyydyttävä. Prosenttiosuudet on laskettu kyselyyn vastanneista viljelijöistä.

	Kuusankoski		Imatra		Äänekoski	
	kpl, ha	%	kpl, ha	%	kpl, ha	%
Vastanneet, kpl	255	67	115	67	151	77
Vastanneet, ha	2802	21	1266	27	1845	33
ha/vastannut	11		11		12	

**Taulukko 71.** Alueiden peltoaloista ruokohelven tuotantoon mahdollisesti saatavat prosenttiosuudet, kun tuotteen hinta on 40 p/kuiva-ainekilo. Taulukko on laskettu niiden vastanneiden perusteella, jotka ovat ilmoittaneet sekä yleisen hehtaarimääräisen kiinnostuksen ruokohelven tuotantoon (taulukko 70) että kiinnostuksen tuotantoon hintaan 40 p/kuiva-ainekilo (kuva 15).

Kiinnostuk- sen aste	Kuusankoski			Imatra			Äänekoski		
	Kesanto	Ei kesanto	Yhdiste	Kesanto	Ei kesanto	Yhdiste	Kesanto	Ei kesanto	Yhdiste
5	4,9	2,4	5,7	3,4	3,7	5,9	5,0	4,5	6,6
4	4,3	4,1	5,9	8,7	6,1	10,7	7,4	8,0	10,4
3	4,5	7,5	5,9	5,6	9,8	7,2	8,1	12,4	11,2
Kiinnostunut (3,4)	9,2	6,5	11,7	12,1	9,8	16,6	12,4	12,5	17,0
Melko kiin- nostunut (3,4,5)	13,7	14,0	17,6	17,7	19,6	23,8	20,5	24,9	28,2

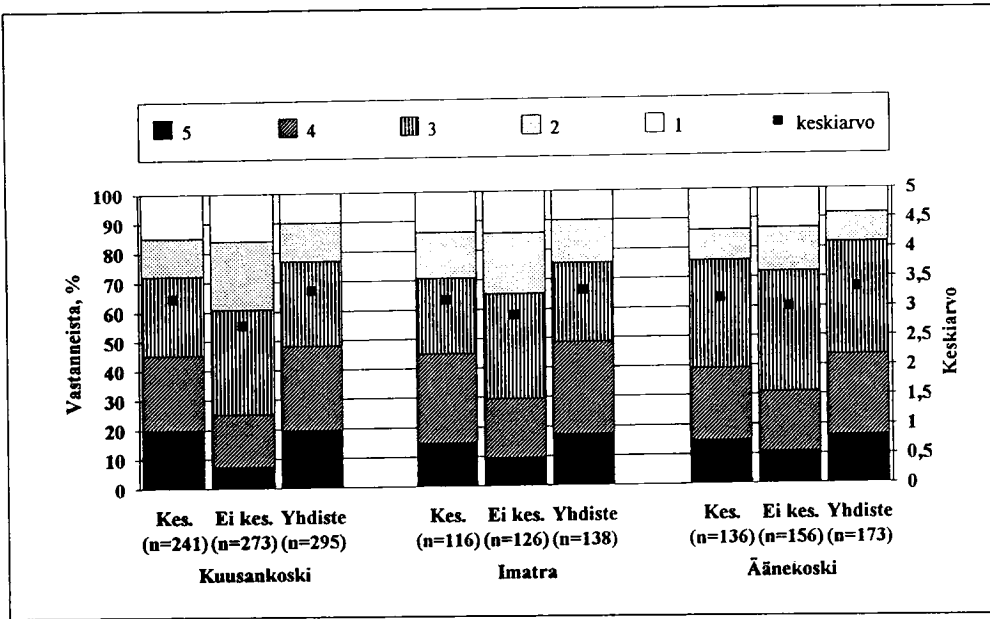
joista joko isäntä tai emäntä kävi tilan ulkopuolella töissä, oli vastanneiden joukossa 21–25 %. Vastanneiden keski-ikä oli noin 45 vuotta. Kaikilla alueilla suurimmat ikäryhmät olivat 30–39 ja 40–49 vuotiaat. Tuotantosuunta- ja ikäjakaumat on esitetty liitteessä 13.

### 8.2.3 Kiinnostus ruokohelven tuotantoon

Viljelijöiltä kysyttiin hehtaarimäärää, jolla he olisivat kiinnostuneet tuottamaan ruokohelpeä, jos markkinoita olisi ja tuotteen hinta olisi tyydyttävä. Yleisen hehtaarimääräisen kiinnostuksen ruokohelven viljelyyn ilmoitti alueesta riippuen 67–77 % viljelijöistä. Keskimääräinen ala, jonka kiin-

nostuneet viljelijät voisivat ruokohelven viljelyyn laittaa oli 11–12 ha. Alueiden peltoaloista olisi siten mahdollista saada ruokohelven tuotantoon 21–33 %, mikäli tuotteen hinta olisi viljelijöitä tyydyttävä (Taulukko 70).

Tuotantohalukkuutta tiedusteltiin myös tilanteessa, jossa ruokohelven tuottajahinta tilalla paalit välivarastoon kasattuna on 40 p/kuiva-ainekilo. Kysymys esitettiin viisiportaisella asteikolla sekä kesannolla (non-food kesanto) että kesannon ulkopuolella. Vastanneiden jakaumat alueittain on esitetty kuvassa 15. Tuotannosta kiinnostuneiksi tulkittiin 4 tai 5 vastanneet ja melko kiinnostuneiksi 3, 4 tai 5 vastanneet. Ruokohelven tuotannosta kesannolla oli siten kiinnostunut 39–45 % vastanneista ja



**Kuva 15.** Viljelijöiden tuotantohalukkuus, kun ruokohelven tuottajahinta tilalla paalit välivarastoon kasattuna on 40 p/kuiva-ainekilo. Tuotantohalukkuutta kysyttiin viisiportaisella asteikolla (5 = erittäin kiinnostunut, 1 = ei kiinnosta lainkaan) sekä kesänsäällä (Kes.) että kesänsäällä ulkopuolella (Ei kes.). Yhdiste kuvaa kiinnostusta tuotantoon joko kesänsäällä tai kesänsäällä ulkopuolella.

kesänsäällä ulkopuolella 25–31 % vastanneista. Yhdistetyllä tuotantohalukkuudella tarkoitetaan kiinnostusta joko kesänsäällä tai kesänsäällä ulkopuolella ja se on muodostettu niin, että kiinnostuksen arvosanoista on valittu parempi.

Kiinnostuneiden ja melko kiinnostuneiden sekä yleisen hehtaarimääräisen kiinnostuksen avulla voidaan arvioida kuinka suuri osuus alueiden peltoaloista olisi mahdollista saada ruokohelven tuotantoon hintaan 40 p/kuiva-ainekilo. Melko kiinnostuneiden tuotantohalukkuudesta kesänsäällä tai kesänsäällä ulkopuolella (yhdiste) laskettuna voitaisiin alueiden peltoaloista saada ruokohelven tuotantoon 18–28 %. Kiinnostuneiden määrästä laskettuna voitaisiin peltoaloista saada tuotantoon 12–17 % (Taulukko 71).

#### 8.2.4 Mahdolliset tuotantoalat

Taulukkoon 72 on laskettu alueiden kokonaispeltoalojen ja vastanneiden kiinnostuksen perusteella mahdollisia ruokohelven viljelyaloja, kun etäisyys kohdepaikkakunnilta kasvaa. Esimerkiksi Kuusankosken ja Imatran hankinta-alueet menevät yli 60 km:n säteillä osittain päällekkäin, mutta näitä päällekkäisyyksiä ei ole tarkastelussa otettu huomioon. Jos ruokohelven tuottajahinta paaleissa on 40 p/kuiva-ainekilo, niin 50 km:n säteellä Kuusankoskelta olisi mahdollista saada tuotantoon 14 200–21 400 ha, Imatralla 5 400–7 800 ha ja Äänekoskella 7 900–13 100 ha. Vastaavasti 100 km:n säteellä Kuusankoskelta olisi mahdollista saada ruokohelven tuotantoon 38 500–57 900 ha, Imatralla 19 600–28 100 ha ja Äänekoskella 29 300–48 600 ha. Edellisten ylärajat on laskettu melko kiinnostuneiden ja alarajat kiinnostuneiden perusteella.



**Taulukko 72.** Mahdolliset ruokohelven viljelyalat (1000 ha), kun etäisyys Kuusankoskelta, Imatralta ja Äänekoskelta on 20–150 km. Pinta-alat on arvioitu erikseen, kun ruokohelven tuottajahinta on viljelijöitä tyydyttävä tai tuottajahinta paaleissa on 40 p/kuiva-ainekilo. Pinta-aloja on arvioitu myös kiinnostuneiden ja melko kiinnostuneiden (taulukko 71: yhdiste) viljelijöiden osalta, kun hinta on 40 p/kuiva-ainekilo. Kokonaispeltoalat, joista ruokohelven viljelyalat on laskettu, perustuvat kuvaan 14.

Säde km	Kuusankoski			Imatra			Äänekoski		
	Hinta tyyd.	40 p/kg		Hinta tyyd.	40 p/kg		Hinta tyyd.	40 p/kg	
		Melko	Kiinn.		Melko	Kiinn.		Melko	Kiinn.
20	5,0	4,2	2,8	2,6	2,3	1,6	2,6	2,2	1,4
30	10,7	9,0	6,0	4,3	3,8	2,7	5,7	4,8	2,9
40	18,1	15,1	10,1	6,3	5,6	3,9	10,9	9,3	5,6
50	25,6	21,4	14,2	8,9	7,8	5,4	15,4	13,1	7,9
60	32,9	27,5	18,3	11,9	10,5	7,3	20,8	17,8	10,7
70	41,9	35,1	23,3	15,6	13,7	9,6	25,9	22,0	13,3
80	52,0	43,5	28,9	20,0	17,6	12,3	32,9	28,1	16,9
90	60,8	50,9	33,8	26,1	22,9	16,0	42,5	36,2	21,9
100	69,2	57,9	38,5	32,0	28,1	19,6	57,0	48,6	29,3
110	77,9	65,2	43,3	38,8	34,0	23,7	70,2	59,9	36,1
120	86,2	72,2	47,9	44,5	39,1	27,2	86,4	73,6	44,4
130	95,0	79,5	52,8	53,2	46,7	32,6	110,8	94,5	57,0
140	103,5	86,6	57,6	63,1	55,4	38,6	139,7	119,0	71,8
150	111,2	93,1	61,8	71,9	63,1	44,0	168,3	143,4	86,5

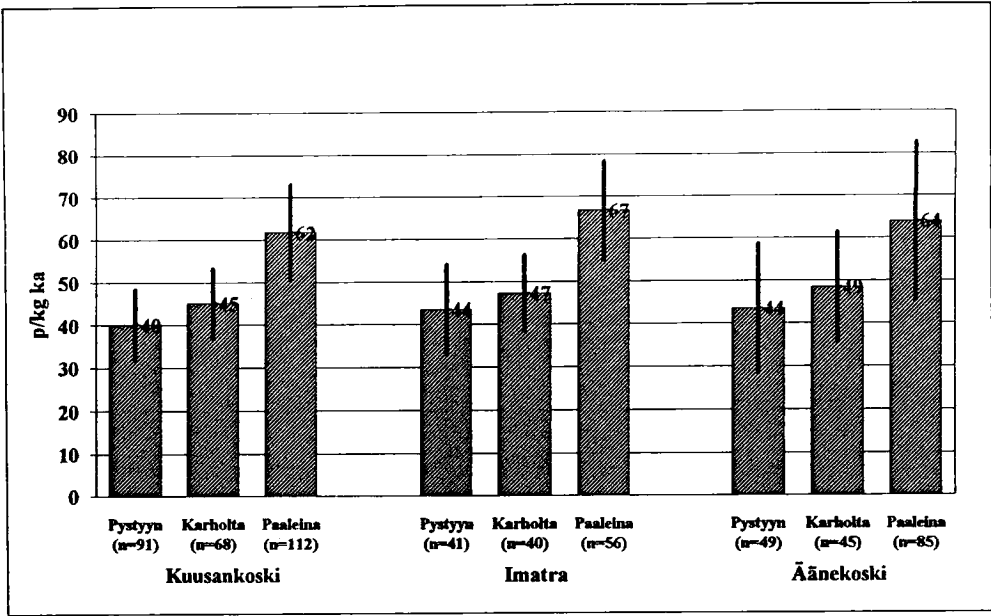
Jos tavoitteena pidetään 40 000 ha:n ruokohelpialaa, on tämä ala mahdollista saavuttaa, kun hankintaetäisyys Kuusankoskelta on 75–105 km, Imatralta 120–145 km ja Äänekoskelta 95–115 km. Puolta pienempi ruokohelpiala on mahdollista saavuttaa, kun hankintaetäisyys Kuusankoskelta on 50–65 km, Imatralta 85–100 km ja Äänekoskelta 65–85 km. Ruokohelven hinnan nostaminen viljelijöitä tyydyttävälle tasolle pienentää luonnollisesti tarvittavaa hankintaetäisyyttä.

Edelliset pinta-alat perustuvat oletukseen, että vastanneet edustavat hyvin alueiden kaikkien tilojen mielipiteitä ruokohelven tuotannosta. Todennäköisesti vastanneet ovat kuitenkin keskimääräistä kiinnostuneempia tuotannosta. Mikäli kukaan vastaamatta jättäneistä ei olisi kiinnostunut tuotannosta, niin esitetyistä ruokohelven viljelyaloista saataisiin Kuusankosken alueella viljelyyn vain 41 %,

Imatralta 35 % ja Äänekoskella 42 %. Todennäköisesti ainakin osa on jättänyt vastaamatta muun syyn, kuin kielteisen suhtautumisen takia. Kyselyn ulkopuolelle jääneiden alle 15 ha:n tilojen suhtautuminen ruokohelven tuotantoon on epävarmaa. Esimerkiksi kesannointiveloitetta ei näillä pienillä tiloilla ole lainkaan. Mikäli alle 15 ha:n tilat jätetään tarkastelun ulkopuolelle saadaan esitetyistä ruokohelven viljelyaloista käyttöön Kuusankosken alueella vain 81 %, Imatralta 67 % ja Äänekoskella 65 %.

### 8.2.5 Hintaodotukset

Viljelijöiltä kysyttiin hintaa, jolla he olisivat valmiita myymään ruokohelpeä, kun myynti perustuisi pitkäaikaiseen toimitussopimukseen (yli 4 v.). Vastaukset, joissa yksikkönä oli mk/ha, muutettiin yksiköksi



**Kuva 16.** Keskimääräiset hintaodotukset sekä vastausten keskihajonnat, kun ruokohelpi myydään pystykasvustona, niittokoneen karholta tai paaleina tilan välivarastoon kasattuna.

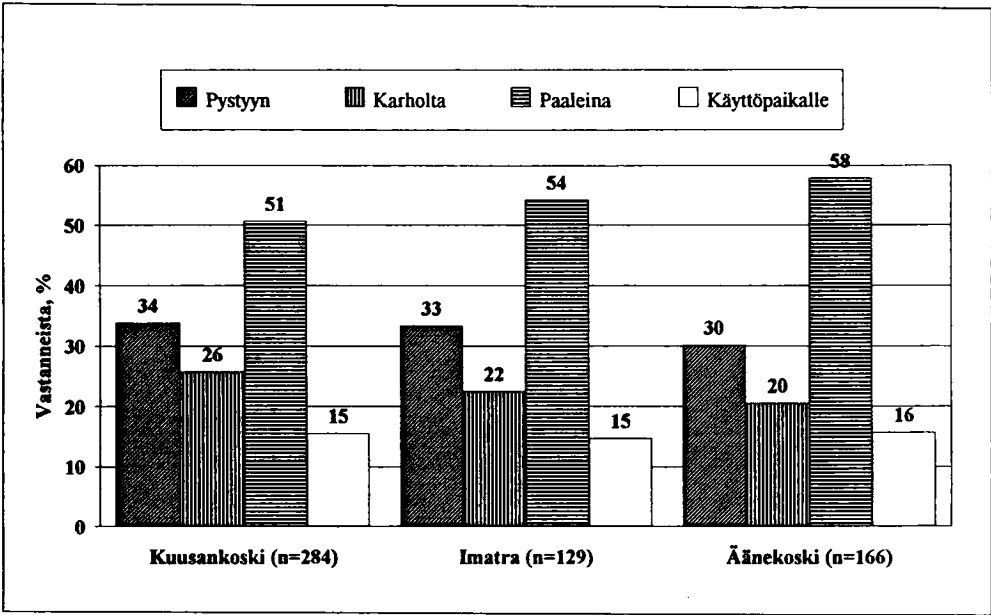
p/kg satotasolla 5,5 tonnia kuiva-ainetta/ha. Keskimääräinen hintaodotus pystykasvustona myytäessä oli 42 p, karholta myytäessä 47 p ja paaleina tilan välivarastosta myytäessä 64 p kuiva-ainekiloa kohti. Alueittaiset vaihtelut olivat melko pieniä (Kuva 16). Hintaodotukset olivat selvästi korkeammat kuin tuotantokustannusten perusteella lasketut hinnat. Kaikista vastanneista vain 27 % oli halukkaita tuottamaan kuituheinää paaleissa alle 50 p/kuiva-ainekilo.

Hintakysymys oli viljelijöille vaikea, mitä osoittaa alhainen vastausten määrä. Hintaodotukset olivat myös osittain ristiriidassa tuotantohalukkuuden kanssa. Viljelijöillä on saattanut olla epäselvyyttä ruokohelven tuotantokustannuksista, joita on ehkä verrattu nykyisen kuivaheinän tuotantokustannuksiin. Viljelijät, jotka ilmoittivat myyvänsä osan nykyisestä heinäalastaan, halusivat kuituheinän pystymyynnistä keskimäärin 47 p (n=32), karholta myytäessä 46 p (n=24) ja paaleina myytäessä 69 p/kuiva-ainekilo (n=53).

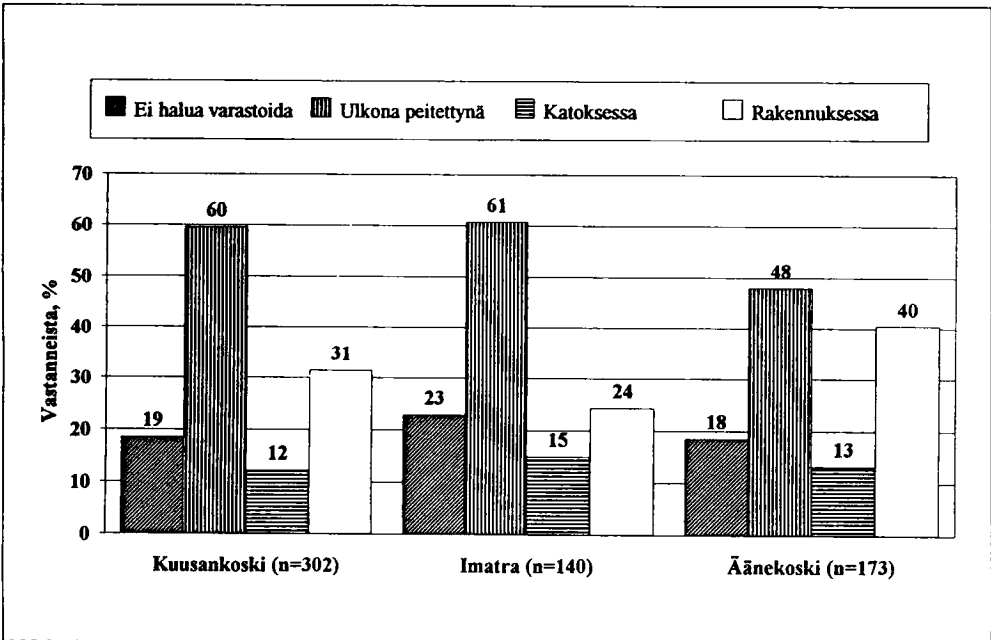
### 8.2.6 Myyntitavat ja välivarastointi

Suosituin viljelijöiden ilmoittama myyntitapa oli paaleina myynti. Kaikista vastanneista 54 % ilmoitti kiinnostuksensa myydä kuituheinää paaleina. Seuraavaksi suosituin myyntitapa oli pystykasvustona (33 %) ja karholta (23 %) myynti. Tehdaskuljetusten järjestäminen ei viljelijöitä kiinnostanut, sillä vain 15 % vastanneista ilmoitti kiinnostuksensa kuituheinän myyntiin käyttöpäikälle toimitettuna (Kuva 17). Noin neljäsosa vastanneista oli ilmoittanut useamman kuin yhden sopivan myyntitavan.

Kuituheinän tuotannossa joudutaan todennäköisesti osa heinistä varastoimaan tilalla sateelta suojattuna. Noin viidesosa vastanneista ei ollut halukas varastoimaan paaleja tilallaan. Ulkona, paalit kuorma-peitteellä tai muovilla katettuna, oli halukas varastoimaan 57 % vastanneista. Katoksessa pystyisi varastoinnin hoitamaan 13 % ja rakennuksessa 32 % vastanneista (Kuva 18). Noin viidesosa vastanneista oli ilmoittanut



Kuva 17. Vastanneiden kiinnostus ruokohelven myyntitavoista. Myyntivaihtoehdot olivat pystykasvustona, karholta niiton jälkeen, maatalon varastosta paaleina ja käyttöpaikalle toimitettuna.



Kuva 18. Viljelijöiden kiinnostus ruokohelven varastointiin paaleina. Varastointipaikkavaihtoehdot olivat ulkona pressulla tai muovilla katettuna, katoksessa ja rakennuksessa.

useamman kuin yhden vaihtoehdon varastointikysymyksiin. Ilmoitettujen varastointiin sopivien katosten keskimääräinen ala oli 174 m<sup>2</sup> (n=28) ja rakennusten 290 m<sup>2</sup> (n=149).

### 8.2.7 Korjuukapasiteetin riittävyys

Mahdollisuudet omien ruokohelpilohkojen niittoon kevätkorjuun aikana arvioitiin hyväksi. Myös omien lohkojen paalaukseen oli puolella vastanneista vähintään kohtuulliset (3,4 tai 5 vastanneet) mahdollisuudet. Urakointiin oltiin selvästi vähemmän innostuneita. Urakointiin paalaus koneella oli kohtuulliset mahdollisuudet vain neljäsosalla kysymykseen vastanneista (Kuva 19).

Vaikka viljelijät eivät itse olleet kovin innokkaita urakointiin, niin urakointipalvelujen saatavuutta kevätkorjuun aikaan pidettiin yleisesti hyvänä. Urakointipalvelujen saatavuutta paalaukseen piti hyvinä (4 tai 5 vastanneet) vajaa puolet ja vähintään kohtuullisina neljä viidesosaa kysymykseen vastanneista. Myös tehdaskuljetusten järjestämiseen uskottiin (Kuva 20).

Tärkeimmistä heinäkorjuukoneista kysyttiin niiden lukumäärät tilalla, ikä, kapasiteetti tai koko ja kuntoarvio. Kuntoarviota tiedusteltiin viisiportaisella asteikolla. Konetiedot eri kyselyalueilta ovat liitteessä 15, jossa koneet on jaettu iän mukaan kolmeen ryhmään. Paaleina tapahtuvan ruokohelven korjuun kannalta tärkeimpien koneiden lukumäärät alueittain on eritelty taulukkoon 73. Erikseen on laskettu käyttökelpoisten ja lisäksi korkeintaan 15 vuotta vanhojen koneiden lukumäärät. Tyypillinen leveys niittokoneilla oli 1,85 m, niittomurskaimilla 2,4 m ja pöyhimillä 3,2 m.

Silppuvia pyöröpaalaimia ilmoitettiin kaikkiaan vain 3 kpl ja kanttipaalaimia 1 kpl. Heinän varastointiin sopivia rakennuksia oli 323 tilalla, keskimäärin 1,9 rakennusta tilaa kohti. Latokuivurin ilmoitti omistavansa 13 % kyselyyn vastanneista tiloista. Paalien maantiekuljetuksiin sopiva

kuorma-auto oli 13 tilalla.

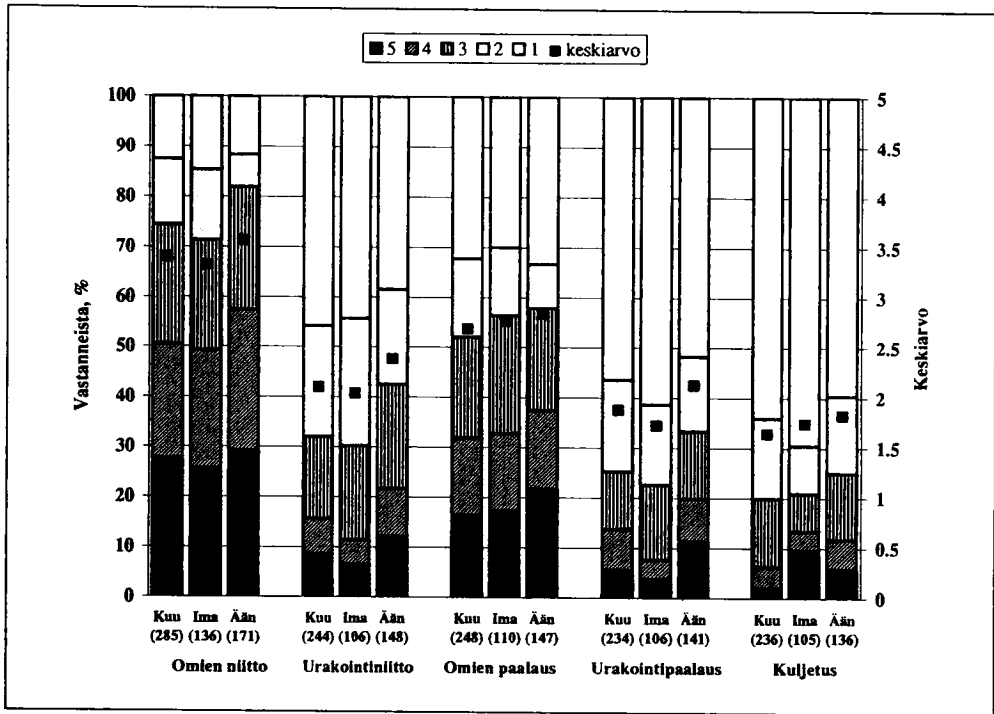
Kun otetaan huomioon alueiden käyttökelpoiset pyöröpaalaimet ja yhden paalaimen työntuotokseksi lasketaan 35 ha/kevätkorjuujakso, saadaan pyöröpaalainten korjuualaksi Kuusankosken alueella 14 400 ha, Imatralla 5 900 ha ja Äänekoskella 2 400 ha. Kuusankosken ja Imatran alueen pyöröpaalaimilla olisi mahdollista korjata suunnilleen tuotantohalukkuuden alarajaa vastaava pinta-ala. Äänekosken alueella pyöröpaalaimista olisi tämän mukaan selvästi pulaa. Käyttökelpoisia kovapaalaimia alueilla oli selvästi enemmän kuin pyöröpaalaimia. Niittokoneita (lautas- ja lieriökoneet) alueilta löytyy riittävä määrä, eikä niittoon käytettävissä olevaa aikaa voida edes kovin tarkasti rajata. Pelkästään niittomurskaimia käytettäessä voi kapasiteetista olla pulaa.

Konekapasiteetin tarkastelussa on oletettu, että vastanneiden konekanta on edustava otos koko alueen konekannasta, kaikki käyttökelpoiset koneet saadaan käyttöön ja koneet jakautuvat tasaisesti koko alueelle. Alle 15 ha:n tilojen konekanta ei tarkastelussa otettu lainkaan huomioon. Alueiden sisällä, kunnittain tai kylittäin, voi konekapasiteetti vaihdella runsaasti. Todellinen paikkakunnittainen konetarjonta selviää vasta, kun kysyntää koneille ilmaantuu.

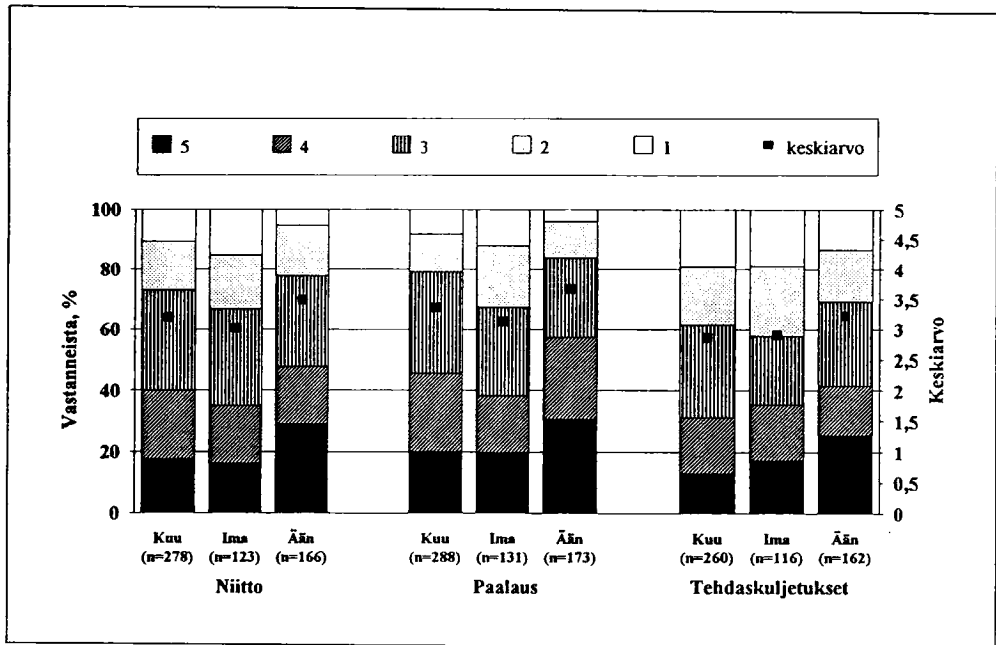
## 8.3 Korjuuvarmuus ja korjuupotentiaali

### 8.3.1 Aineisto ja menetelmät

Ruokohelven korjuukelpoisuus riippuu kasvuston kehitysvaiheesta sekä maan ja kasvuston kosteudesta. Kasvuston kosteuteen vaikuttavat ilman haihduntaolosuhteet (tuuli, lämpötila, ilman suhteellinen kosteus) ja sadeolot. Tässä selvityksessä ruokohelven korjuuvarmuutta tarkasteltiin 30 vuoden ajanjaksolta tehtyjen sademäärähavaintojen perusteella. Aineisto sisälsi päivittäiset sademäärätiedot (havainnot klo 9.00 ja 21.00) huhtikuun alusta lokakuun loppuun vuosilta 1961-



**Kuva 19.** Viljelijöiden mahdollisuudet osallistua ruokohelven kevätkorjuuun niiton, paalauksen ja tehdaskuljetusten osalta koskien omia kasvustoja sekä mahdollisuudet urakointiin niittokoneella ja paaluskoneella. Omia mahdollisuuksia kysyttiin viisiportaisella asteikolla (5 = sopii erittäin hyvin, 1 = ei sovi lainkaan).



**Kuva 20.** Urakointipalvelujen saatavuus niittoon, paalukseen ja tehdaskuljetuksiin ruokohelven kevätkorjuun aikaan. Palvelujen saatavuutta kysyttiin viisiportaisella asteikolla (5 = aivan varmasti, 1 = ei lainkaan).

**Taulukko 73.** Ruokohelven korjuun kannalta tärkeimpien koneiden lukumäärät. Käyttökelpoisiksi on laskettu koneet, joiden kuntoarvioksi on ilmoitettu 3, 4 tai 5 (asteikko 1–5). Lisäksi on erikseen ilmoitettu korkeintaan 15 vuotta vanhojen koneiden lukumäärät.

	Kuusank.	Tiloja		Käyttökelpoisia			Korkeintaan 15 vuotiaita		
		Imatra	Äänek.	Kuusank.	Imatra	Äänek.	Kuusank.	Imatra	Äänek.
Niitokoneet	209	112	104	173	94	90	172	94	100
Niittomurskain	36	13	19	30	12	17	28	13	17
Karhotin/pöyhin	239	103	127	190	83	102	187	87	110
Kovapaalain	151	74	63	113	65	52	91	53	56
Pyöröpaalain	52	27	12	48	25	11	47	27	11

1990. Pääasiallinen tarkastelu tehtiin Joki-oisten säähavaintoaseman sadetietojen perusteella. Tämän lisäksi sadetiedot hankittiin Jyväskylästä ja Nivalasta (vuodet 1965–1990).

Kelvollisten korjuupäivien laskemiseksi määritettiin sekä kevät- että syyskorjuuta varten sateen määrään ja sen ajoittumiseen perustuvat sääkriteerit. Kriteerien perusteella määritettiin vuosittain kelvolliset korjuupäivät koko korjuujakson aikana. Koska sään vuosittaisen vaihtelun voidaan olettaa olevan satunnaista, oletettiin aineiston jakautuvan normaalijakauman mukaisesti. Keskiarvon ja keskihajonnan perusteella normaalisesti muokattua aineistoa käytettiin todennäköisyystarkastelun perustana. Korjuupäiväkerroin, joka kertoo kuinka suuri osa korjuujakson päivistä on korjuukelpoisia, muodostettiin seuraavasti:

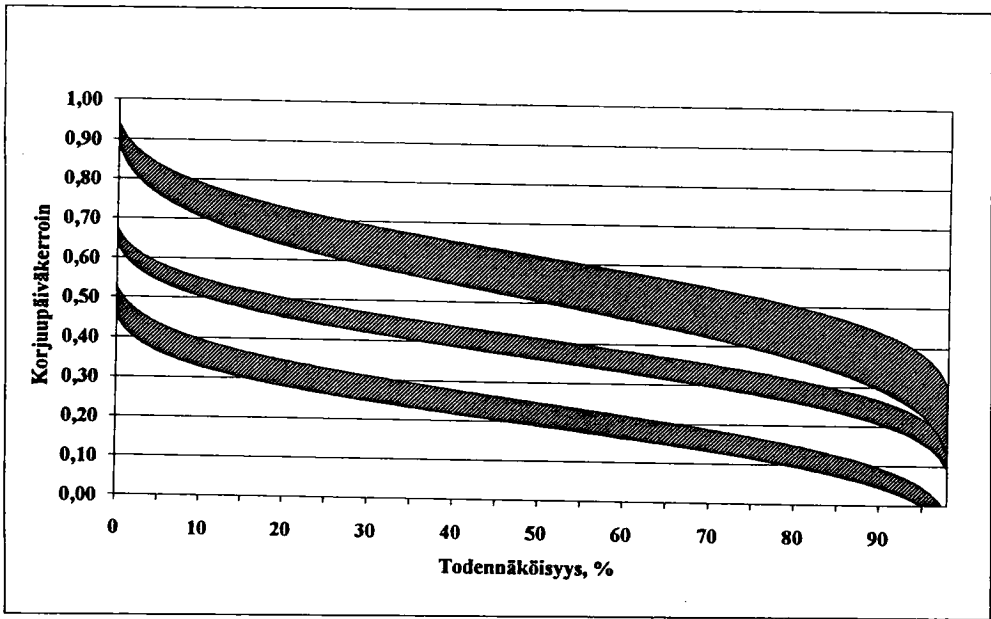
*Korjuupäiväkerroin = Korjuukelpoiset päivät / Korjuujakso*

Näin määritetty kerroin havainnollistaa korjuuseen soveltuvan ajan suhteellista määrää millä tahansa kalenterijakson pituudella. Korjuuvarmuuden kuvaajana käytettiin todennäköisyyttä, jolla tietty osa korjuujakson päivistä on korjuukelpoisia.

### 8.3.2 Korjuuvarmuus

Kevätkorjuussa niitto ja paalaus voidaan yleensä tehdä samana päivänä. Kulottuneen kasvuston kosteus on 10–20 %. Korjuun aloittaminen ei yleensä onnistu, jos maa on vielä roudassa. Lakoutunut kasvusto on tällöin liian kosteaa ja kasvuston joukossa voi olla jäätä. Kevätkorjuun lopetusajan määrää uusien versojen kasvu. Noin 10–20 cm:n vihreä kasvusto on arvioitu rajaksi, jota ennen vanha kuloheinä on korjattava pois. Niittokorkeuden nostaminen lisää satotappioita.

Syyskesän korjuussa ruokohelpikasvuston lähtökosteus niittohetkellä on noin 60 %. Syyskorjuun oletettu sato on 7,5 kuiva-ainetonna/ha, joten näin suuren kasvimasan kuivuminen pellolla vaatii hyvät sääolosuhteet. Kasvuston kuivumista voidaan nopeuttaa niittomurskauksen avulla sekä pöyhintäkertoja lisäämällä. Käytännössä ruokohelven syyskorjuu ajoittuu heinäkuun puolivälistä elokuun alkupuolelle. Korjuun aloittamisen määrää riittävän kormimassan kehittyminen. Korjuu on tehtävä ennen 20.8., koska tämän jälkeen tehty niitto vaarantaa kasvuston talvehtimisen. Elokuun loppupuolella päivälämpötilat laskevat ja ilman suhteellinen kosteus nousee niin korkeaksi, että korjuun onnistuminen käy epävarmaksi.



**Kuva 21.** Ruokohelven korjuuseen käytettävissä olevan ajan todennäköisyys. Ylin viuhka kuvaa kevätkorjuuta. Keskimmäinen viuhka kuvaa syyskorjuuta, kun paalit kuivataan koneellisesti ja alin viuhka syyskorjuuta, kun kasvuston annetaan kuivua pellolla luokona paalausosteuteen. Kertoimen arvo pystyakselilla kuvaa korjuukelpoisten päivien suhteellista määrää koko korjuukaudesta: korjuupäiväkerroin = korjuukelpoiset päivät/korjuujakso.

**Kevätkorjuun sadekriteerit:**

- korjuupäivänä ja sitä edeltävänä yönä pouta, edellisenä päivänä sade korkeintaan 2 mm
- korjuupäivänä, sitä edeltävänä yönä ja edellisenä päivänä pouta, näitä edeltävän yön ja päivän yhteenlaskettu sademäärä korkeintaan 2 mm

**Syyskorjuun, paalit kuivataan koneellisesti, sadekriteerit:**

- korjuupäivänä ja edellisenä yönä pouta, edeltävän vuorokauden sade korkeintaan 1 mm
- korjuupäivänä, edellisenä yönä ja tätä edeltävänä vuorokautena pouta

**Syyskorjuun, kasvuston annetaan kuivua luokona, sadekriteerit:**

- korjuupäivänä, edellisenä yönä ja tätä edeltävänä vuorokautena pouta, kahden tätä edeltävän vuorokauden yhteenlaskettu sade korkeintaan 2 mm
- korjuupäivänä, edeltävänä yönä ja kolmena tätä edeltävänä vuorokautena pouta

Kuvassa 21 on esitetty korjuupäiväkertoimen todennäköisyys ruokohelven kevät- ja syyskorjuussa Jokioisilla. Kevätkorjuun osalta kuva perustuu sadeaineistoon ajanjaksolta 15.4.–15.5. Syyskorjuuta varten on eri sadekriteerit sen mukaan, kuivataanko paalit koneellisesti vai annetaan ko kasvuston kuivua pellolla luokona paalausosteuteen (n. 18 %). Syyskorjuun kertoimet on määritetty ajanjakson 1.7.–31.8. sadeaineistosta. Säähavaintoasemien ero käytettäessä kuvan perustana olevia sadekriteerejä oli hyvin vähäinen.

Kevätkorjuujaksoksi arvioitiin 10–15

vuorokautta. Korjuupäiväkerrointen perusteella voidaan laskea, että tähän jaksoon sisältyy keskimäärin (50 % todennäköisyys) 6–9 korjuupäivää. Yhdeksänä vuotena kymmenestä korjuupäivää on vähintään 4–6.

Ruokohelven syyskorjuun onnistuminen ilman paalien koneellista kuivausta on hyvin epävarmaa. Arvioituun 25–30 vuorokauden korjuujaksoon sisältyy keskimäärin 5–6 korjuupäivää. Yhdeksänä vuotena kymmenestä korjuupäivää on vähintään 2–3. Korjuun riskiä lisää kasvuston pitkä kuivumis aika luonolla. Yhdeksänä vuotena kymmenestä korjuupäivää on vähintään 6–

**Taulukko 74.** Paalainten korjuualat keväällä, kun korjuujakso on 10–15 vrk. Korjuupäivät on määritetty kuvan 21 perusteella käyttäen todennäköisyytenä 90 %.

Korjuujakso, vrk	10	12	15
Korjuupäiviä, pv/korjuujakso	3,0–4,5	3,6–5,4	4,5–6,7
Kapasiteetti, ha/korjuujakso			
Pyöröpaalaus (7,5 ha/pv)	25–35	25–40	35–50
Kovapaalaus (8,5 ha/p)	25–40	30–45	40–55
Kanttipaalaus (15,5 ha/pv)	45–70	55–85	70–105

8, jos paalit voidaan kuivata koneellisesti. Kevätkorjuuseen verrattuna tarvitaan syyskorjuussa tällöinkin selvästi pidempi korjuujakso, jotta sama määrä korjuupäiviä olisi käytettävissä. Heinäkuussa on korjuuseen soveltuvia päiviä enemmän kuin elokuussa, vaikka sadekriteeriksi valitaan mikä tahansa kuvan 21 syyskorjuun sadekriteereistä.

### 8.3.3 Korjuupotentiaali

Pyöröpaalaimen työntuotos ruokohelven kevätkorjuussa on n. hehtaari tunnissa, kun sato on 6 kuiva-ainetonnia/ha. Kun paalauksen tehollisen työpäivän pituus on 8 h, saadaan pyöröpaalaimen työntuotokseksi noin 7,5 ha/pv. Kovapaalaimen työntuotos on vastaavasti 8,5 ha/pv ja kanttipaalaimen 15,5 ha/pv.

Korjuun työntuotoksen ja korjuupäivien avulla on taulukkoon 74 laskettu yhden paalaimen mahdollisia kevätkorjuualoja. Tämän tarkastelun perusteella voidaan pyöröpaalaimen korjuualaksi keväällä määrittää vähintään 35 ha, kovapaalaimen korjuualaksi 40 ha ja kanttipaalaimen 70 ha. Useimpina vuosina nämä korjuualat pystytään selvästi ylittämään. Huonoina vuosina joudutaan pidentämään korjuujaksoa tai hankkimaan lisää korjuukapasiteettia.

Kevään korjuualat on määritetty pelkätään paalauksen perusteella. Paalien keruuseen on oletettu olevan riittävästi kone- ja työkapasiteettia käytössä. Käytännössä tämä kuvaa tilannetta, jossa urakoitsija kiertää lohkolta toiselle, niin että uusi lohko on

aina valmiina paalattavaksi ja muut hoitavat paalien keruun väliarastoon.

Myös ruokohelven syyskorjuussa voidaan pyöröpaalaimen työntuotokseksi arvioida 7,5 ha/pv. Mahdolliset korjuualat ovat siten 15–20 ha ilman paalien kuivausta ja 45–60 ha, jos paalit kuivataan. Tarkastelussa on huomioitava, että kaikki mahdolliset korjuuhetket oletetaan käytettävän hyödyksi, mikä edellyttää sääennusteiden paikkansapitävyyttä. Korkeamman sadon vuoksi riittää syyskorjuussa noin 20 % pienempi korjuuala kuin kevätkorjuussa saman tonnimäärän saavuttamiseksi.

Korjuuvarmuuteen liittyy myös päivittäisen korjuun suunnittelu. Kevätkorjuussa niitto ja paalaus voidaan tehdä samana päivänä, mutta syyskorjuussa on tiedettävä, että niittoa seuraa useamman päivän pouta. Työnkäytön kannalta molemmat korjuuajat sattuvat hankalaan aikaan. Keväällä on kylvötyöt tai niiden valmistelu ja syyskesällä mahdollisesti säilörehun korjuu ja puinti.

### 8.4 Yhteenveto saatavuudesta

Ruokohelven saatavuutta arvioitiin viljelijöiden tuotantohalukkuuden sekä sääolojen aiheuttaman korjuuriskin perusteella. Ruokohelven tuotantohalukkuuden arviointi on vaikeaa, koska tuotteelle ei ole markkinoita ja käytännön viljelykokemukset puuttuvat. Koska tehty viljelijäkysely oli ensimmäinen alaltaan, ja koska aihe oli viljelijöille vieras, voidaan tuotantohalukkuutta pitää hyvänä.



Kokonaispeltoalan perusteella parhaimmalta sijoituspaikalta ruokohelven viljelyyn vaikuttaa Kymenlaakso, jossa 50 km:n säteellä selluteollisuudesta on käytettävissä noin 130 000 hehtaaria. Alueella tehdyn kyselyn perusteella 20 000 ha:n ruokohelpiala näyttäisi olevan mahdollista saavuttaa 50–65 km:n hankintasäteellä, kun ruokohelven tuottajahinta paaleissa on 40 p/kui-va-ainekilo. Huonoimmalla alueella hankintasäteen pitäisi olla 85–100 km. Jos tavoitteena pidetään 40 000 ha:n ruokohelpialaa, niin tähän olisi mahdollista päästä parhaalla alueella 75–105 km:n hankintasäteellä.

Viljelijät haluavat myydä ruokohelpi-kasvustonsa mieluiten paaleina. Paaleista haluttu tilahinta, 64 p/kg, oli ristiriidassa tuotantohalukkuuden kanssa. Paalien varastointi ulkona kuormapeitteellä tai muovilla katettuna oli useimmalle viljelijälle sopivin vaihtoehto välivarastoinnin hoitamiseksi. Tehdaskuljetusten järjestämiseen viljelijät eivät olleet halukkaita. Korjuukapasiteettia heinälohkojen niittoon ja paalaukseen löytyy alueilta yleensä hyvin, mutta niittomurskaimista ja pyöröpaalaimista voi paikallisesti olla pulaa. Viljelijät olivat halukkaita suorittamaan omien ruokohelpilohkojensa korjuun, sen sijaan urakointiin kevätkorjuun osalta oltiin vähemmän innokkaita. Urakointipalveluja niittoon, paalaukseen ja tehdaskuljetuksiin uskottiin olevan tarjolla.

Ruokohelven syyskorjuun onnistuminen heinä-elokuun vaihteessa ilman paalien koneellista kuivausta on hyvin epävarmaa. Syyskorjuussa korjuujakson pituudeksi arvioitiin 25–30 vuorokautta. Korjuupäiviä tähän jaksoon sisältyy yhdeksänä vuonna kymmenestä vähintään 2–3, kun kasvusto kuivataan luonolla. Korjuuvarmuus nousee, jos kaikki tai osa paaleista kuivataan kuivurissa. Tällöin korjuupäiviä on 6–8. Korjuualat ovat vastaavasti luokokuivauksella 15–20 ha ja 45–60 ha, jos paalit kuivataan koneellisesti.

Sadetilastojen perusteella ruokohelven kevätkorjuun onnistuminen näyttää hyvältä. Keväällä korjuuseen käytettävissä ole-

van ajanjakson pituudeksi arvioitiin 10–15 vuorokautta. Sadetilastojen perusteella tähän jaksoon sisältyy yhdeksänä vuotena kymmenestä vähintään 4–6 korjuupäivää. Siten keväällä pystytään yhdellä pyöröpaalaimella lähes aina paalaamaan vähintään 35 ha. Huonoina vuosina joudutaan pidentämään korjuujaksoa tai hankkimaan lisää korjuukapasiteettia.

## 9 Tulosten tarkastelu

### 9.1 Perusmääritykset kasvista

Raaka-aineen prosessoitavuuden kannalta keskeisiä ovat korjatun materiaalin raakakuitu- ja silikaattipitoisuudet. Raakakuitupitoisuuden perusteella voidaan ilmeisesti ennustaa sellusaantoa. Kyseistä korrelaatiota ei kuitenkaan tämän osatutkimuksen puitteissa kyetty näyttämään toteen, koska aineisto oli liian pieni. Korkea silikaattipitoisuus vaikeuttaa kemikaalien talteenottoa. Täten tulisi pyrkiä mahdollisimman alhaiseen silikaattipitoisuuteen.

Analyysien perusteella kevätkorjattu ruokohelpi sisältää enemmän raakakuitua kuin syyskorjattu. Negatiivisena puolena on mahdollinen silikaattipitoisuuden nousu. Tässä tutkimuksessa silikaattipitoisuus laski talven aikana. Kyseessä oli kertamittaus, joten tuloksen yleistettävyys on huono. Aiempien tutkimusten mukaan kasvuston silikaattipitoisuuden pitäisi olla korkeampi keväällä suoritettavassa korjuussa kuin syksyllä korjattaessa (Pahkala *et al.* 1994).

Silikaattipitoisuudeltaan Viikistä korjattu kasvusto oli syksyllä samalla tasolla kuin Jokioisten kasvustot. Tulos on sikäli ristiriitainen, että Viikissä maalaji on ollut hienoa hietaa, joten silikaatti- ja tuhkapitoisuuden olisi pitänyt olla alhaisempi kuin Jokioisten savimailla. Silikaattipitoisuuteen vaikuttaa myös maan pH. Alhaisen pH:n pitäisi johtaa pieneen silikaattipitoisuuteen. Tulokset pH:n osalta ovat kuitenkin risti-

riittäisiä, ja maalajilla on ilmeisesti suurempi merkitys kuin maan pH:lla (Pahkala *et al.* 1994).

Käsin tehtyjen jakeistamisten perusteella pelkät korret soveltuvat parhaiten selluteollisuuden raaka-aineeksi. Niillä on suurin kuitupitoisuus, alhaisin silikaattien ja tuhkan määrä sekä vähiten kivennäisiä, kuten kaliumia. Olssonin (1991) esittämät tulokset tukevat tätä johtopäätöstä. Tosin tuhkapitoisuudet poikkeavat huomattavasti hänen esittämistään. Tässä tutkimuksessa korsien tuhkapitoisuus oli 1,6 % kuiva-aineesta ja Olsson (1991) antoi vaihteluvälin 6–6,5 % kuiva-aineesta.

Syyskorjatulla ruokohelvellä saanto koko kasvusta oli sulfaattikeitossa 40 % ja kappaluku 12. Olsson (1991) esittää hieman suuremman saannon ja alhaisemman kappaluvun, nimittäin 41,5 % ja 8–10. Vastavasti sooda-antrakinoni -menetelmällä keitetystä näytteistä on määritetty saannoksi 41,7 ja kappaluvuksi 10 (Pahkala *et al.* 1994). Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää lisäksi kasvin eri osien keittyvyys ja saadun massan ominaisuuksia. Vertailevia tutkimuksia ruokohelven botaanisten osien keitosta ei löydetty, joten seuraavat johtopäätökset perustuvat ainoastaan tässä tutkimuksessa tehtyihin kokeisiin.

Syyskorjatun ruokohelven korret ja tupet ovat varsin samankaltaisia saannon osalta, mutta poikkeavat selluteknisiltä ominaisuuksiltaan toisistaan. Pelkällä lehtien poistolla ei voida oleellisesti nostaa saantoa, mutta keitto helpottuu ja sellun ominaisuudet paranevat. Kevätkorjatun kasvimateriaalin osalta ei keitetty kuin koko kasvia ja kasvin osista korsia. Lehtien ja tuppien poisto kevätkorjatusta materiaalista nostaa sellusaantoa koko kasvin 45:stä 54:ään prosenttiin. Samalla kappaluku laskee yhden yksikön ja sellun kaikki laatuominaisuudet paranevat. Sen sijaan syys- ja kevätkorjatusta kasvusta eroteltujen korsien välillä ei ole merkittäviä laatueroja. Saanto on kuitenkin kevätkorjatuilla korsilla noin 53 % eli 9 prosenttiyksikköä korkeampi kuin syyskorjatulla. Vertailun luotettavuutta heikentää ero keitto-

menetelmässä, joka oli syyskorjatulla sooda-antrakinoni-keitto ja kevätkorjatulla sulfaattikeitto.

Tutkimuksen perusteella seosarkit, joissa lyhytkuitukomponentti oli korvattu pelkästään korsista valmistetusta sellusta, olivat laadultaan koivusellusta tehtyjen seosarkkien veroisia. Vertailua syys- ja kevätkorjatun ruokohelven välillä ei voida tehdä, koska referenssiarkitkin poikkesivat toisistaan. Sekä syksyllä että keväällä korjatusta ruokohelvestä tehtyjen seosarkkien laadun perusteella raaka-aine kannattaa jakeistaa. Siten paperiteollisuuden käyttöön menevän sellun laatua voidaan parantaa ja paperinteossa saavuttaa lyhytkuitukomponenttina referenssinä olleen koivun taso. Parannukset kohdistuvat suotautuvuuteen ja ilmanläpäisevyyteen.

## 9.2 Korjuuajankohta, -tekniikka ja -tappiot

Kolmesta tehdystä syyskorjuukokeesta ainoastaan Vihdistä vuodelta 1994 saatiin muihin ruokohelvellä tehtyihin tutkimuksiin vertailukelpoisia tuloksia. Luokokuivauksessa käytettiin ns. kovaa menetelmää, joka perustui kuivan heinän korjuussa käytettävään niittomurskaukseen ja kasvuston pöyhintään. Tappiot olivat keskimäärin 21 %, mikä sopii Oknelidin (1994) esittämään vaihteluväliin 21–48 %, joskin alarajalle. Kun loppukuivaus suoritettiin latokuivauksena, korjuutappiot olivat 13 %. Latokuivauksen alhaisista korjuutappioista huolimatta tutkimus suunnattiin ruokohelven kevätkorjuuseen, koska korjuuseen elokuussa liittyy suuri sääriski. Korjuupäiviä on käytettävissä syyskorjuussa vain 2–3 pyrittäessä kuivaukseen luonolla ja 5–6 käytettäessä latokuivuria.

Keväällä korjuuseen on käytettävissä 4–6 korjuukelpoista päivää. Tällöin materiaali on kuivaa ja varastointikelpoista. Korjuujaksoa keväällä rajoittavat maan kantavuus, joka määrää aloitusajankohdan

ja uuden, vihreän kasvuston kasvaminen, joka määrää lopetusajankohdan. Käytännön kokemukset Viikistä ja Vihdistä osoittivat, että keväällä voidaan olettaa olevan keskimäärin noin 10–14 päivää, jolloin kasvusto on riittävän kuivaa ja maa kantaa korjuukoneiden painon eikä uusi kasvusto ole vielä kasvanut. Tosin keväällä 1995 olosuhteet Vihdissä muuttuivat kesken korjuukokeiden radikaalisti. Runsaat sateet estivät korjuukokeiden jatkamisen alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Käytännössä alueittaiset sadon menetykset ovat mahdollisia.

Keväällä tehdyissä kokeissa kasvusto kuivui vajaassa viikossa korjuukelpoiseksi lumien sulettua, mutta korjuun aloittamista rajoitti kasvuston alla ollut routa ja sen päällä ollut ohut, sula ja märkä maakerros. Korjuun aikanakin maa oli edelleen erittäin märkää ja peltoon syntyi paikoitellen korjuukaluston aiheuttamia syviä painumia. Vastaavia ongelmia ei ole esiintynyt muissa raportoiduissa kevätkorjuukokeissa (Olsson 1991, Hadders 1994a). Maaperän kantavuuden kannalta ratkaisevana tekijänä kevätkorjuussa on työkone-traktori -yhdistelmän akselipaino, joten rengasvarustukseen tulee kiinnittää huomiota.

Talven aikana biologinen sato vähenee 14–39 % (Lomakka 1993). Viikissä talven 1993–1994 aikana biologinen sato laski 17 %, joten talvitappiota voidaan pitää kohtuullisena, kun kyseessä oli ensimmäisen tuotantovuoden nurmi. Ruotsalaisten tulojen mukaan kasvusto reagoi positiivisesti kevätkorjuuseen ja kolmantena korjuukertana biologinen sato on korkeampi kevätkorjuussa kuin syyskorjuussa (Olsson 1993).

Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan (Oknelid 1994) kevätkorjuun tappiot olivat keskimäärin 26 % hellävaraisessa, muulla kuin niittomurskaimella tehdyssä korjuussa ja 29 % niittomurskaimella suoritettussa korjuussa. Tässä tutkimuksessa satotappiot olivat Viikin kokeessa keväällä 1994 kolmen ruudun keskiarvona 40 %. Korjuukoneena käytettiin normaalia niittomurskainta, koska sillä saadaan muo-

dostettua hyvä karho paalainta varten. Oknelidin (1994) mukaan kyseisen kone-tyyppin aiheuttamat tappiot ovat lähes aina 3-4 prosenttiyksikköä suuremmat kuin sormipalkkiniittokoneen aiheuttamat.

Viikissä keväällä 1995 suoritettussa kokeessa tappiot jäivät edellisvuotta alhaisemmiksi. Ne olivat varsin yhteneväiset Lomakan (1993) ja Oknelidin (1994) raporttien tulosten kanssa. Keskimäärin tappiot olivat Viikissä lautasniitossa 22 % ja niittomurskauksessa 26 %. Edellisvuotta alhaisemmat tappiot selittyvät muutoksilla niittomurskaimen käytössä. Niittoa parannettiin tarkentamalla niittokorkeutta ja murskaimen kasvuston käsittelyä vähennettiin avartamalla hankainlevyn ja kelan väliä. Niitto tehtiin 5 cm:n sänkeen. Em. ruotsalaisissa kokeissa käytettyä leikkukorkeutta ei ole raportoitu, mikä hankaloittaa vertailua.

Kevätkorjuussa kasvusto murskautui niiton yhteydessä erittäin helposti, jolloin syntyi paljon lyhyitä partikkeleita. Karhutus- ja noukintatappioiden korkea suhteellinen osuus, 80–90 % kokonaistappioista, indikoi materiaalin silppuuntuvan paalauksen kannalta liian lyhyiksi kappaleiksi. Samoin Hadders (1994b) mainitsee kevätkorjuun tappioiden yhdeksi syyksi korren leikkautumisen pieniksi paloiksi, koska se ei poistu riittävän nopeasti niittokoneen terältä. Kyseiset pienet palaset jäävät sängin joukkoon, eikä paalaimen noukin saa niitä ylös. Toisaalta vastaavia kappaleita muodostuu lehdistä ja nekin jäävät noukkimen ulottumattomiin. Ilmiö havaittiin myös tässä tutkimuksessa suoritetuissa korjuukokeissa. Määritetyille tappiojakaumalle ei kuitenkaan löydetty vertailupohjaa kirjallisuudesta.

Pyöröpaalaimella tehtyjen paalien tiheydet vaihtelevat varsin paljon sen mukaan käytetäänkö kiinteä- vai muuttuvakammioista pyöröpaalainta. Haddersin (1994a) mukaan muuttuvakammioisella paalaimella päästiin tilakokeissa keskimäärin tiheyteen 130 kg ka/m<sup>3</sup>. Kiinteäkammioisella paalaimella jäätettiin useimmiten noin 100 kg ka/m<sup>3</sup> tiheyteen.

Vastaavasti kanttipaalimella päästiin jopa tiheyteen 160 kg ka/m<sup>3</sup>. Täten Viikissä mitattu, muuttuvakammioisella pyöröpaalimella saavutettu paalin tiheys, 145 kg ka/m<sup>3</sup>, oli korkea. Kyseisen tiheyden saavuttamisessa ei havaittu ongelmia.

Kokeiden perusteella voidaan todeta, että olemassaolevalla tekniikalla pystytään korjaamaan ruokohelpeä keväällä. Korjuussa tappiot ovat kuitenkin niin suuret, että korjuutekniikkaa on jatkossa kehitettävä, jotta tuotannon taloudellisuus turvattaisiin. Tappioiden vähentämiseksi on kiinnitettävä huomiota erityisesti kasvuston murskautumiseen korjuun eri vaiheissa. Murskautuminen voidaan estää esimerkiksi käyttämällä hellävaraisesti karhottavaa niittolaitetta. Toisena vaihtoehtona on korjuun, etenkin niiton ajoittaminen siten, että kasvusto on hieman normaalia kosteampaa. Mitä lähempänä suurinta sallittua kosteuspitoisuutta ollaan paalattaessa, sitä pienemmin tappioiden materiaali saadaan paalattua.

Toisaalta kevätkorjuussa voidaan ajatella mahdollisuutta paalata materiaali leikkaavalla terällä varustetulla paalaimella, jolloin vältytään karhotukselta. Tarkoitukseseen on olemassa valmis laite, jossa niitosilppuri puhaltaa silpun suoraan pyöröpaalaimen paalausammioon. Kyseinen laite ei kuitenkaan tehdyssä kokeessa toiminut sellaisenaan, vaan se vaatii kehitystyötä.

Tanskassa on kehitetty kanttipalaimen perustuvana vastaava laite, jossa paalaimen vetoaisan alle on kiinnitetty silppuri. Laitteen ongelmana on ollut kasvuston talleantuminen ennen leikkuuta, sillä paalain kulkee traktorin perässä. Korjuutappiot ovat olleet samansuuruiset perinteisen niitokone-kanttipaalain -ketjun kanssa (Kristensen 1992).

### 9.3 Varastointikelpoisuus ja varastointi

Toimitusvarmuuden kannalta paras vaihtoehto on tuottaa varastointikelpoista kuivaa biomassaa. Mikäli sato käytetään sulfaattiselluloosateollisuuden raaka-aineksi, heinään ei voida lisätä happamia säilöntäaineita. Sulfaattisellun valmistamisen edellyttämä kuivan heinän tuottaminen edellyttää syksyllä korjattaessa heinän pöyhimistä, jotta kosteus laskisi riittävän alhaiselle tasolle, mikä suurentaa korjuutappioita ja -riskiä.

Vihdissä tehdyssä syyskorjuukokeessa kyettiin tuottamaan varastointikelpoista materiaalia luokokuivauksella. Kyseisen menetelmän onnistumistodennäköisyys on kuitenkin liian pieni, jotta toimitusvarmuus voitaisiin taata. Varmimmin luokokuivan ja varastointikelpoisen materiaalin tuottaminen onnistui kevätkorjuussa, jolloin paalatus materiaalin kosteus oli vain noin 10 % (w.b.). Hadders (1994a) on päättänyt samaan noin 10 % keskimääräiseen kosteuteen. Kevätkorjuun etuna onkin korjuujankohdasta johtuen erinomaiset olosuhteet luokokuivaukselle.

Ruokohelven käsittelyn pitää olla varastoitaessa rationaalista, yksinkertaista ja tehokasta, koska ruokohelpi varastoidaan sekä kevät- että syyskorjuussa kiireisenä aikana. Koska pyöröpaalien tilantarve on suuri, on paalit varastoitava ulkoomaan. Mikäli tilalla on ylimääräistä katettua varastotilaa, kannattaa se luonnollisesti hyödyntää. Tehdyn kyselyn perusteella viljelijät olivat valmiita joko käyttämään olemassa olevia varastoja tai varastoimaan paalit peitetyissä kasoissa. Paalien tilavarastointi onnistuu peitetyssä pilariaumassa tai vaakasuuntaan ladotuissa peitetyissä kasoissa, joissa paalien muoto säilyy edellistä vaihtoehtoa paremmin. Tällöin paaleja on helpompi käsitellä kuljetuksessa ja lopullisella käyttöpaikalla.

Tutkimusten mukaan tappiot lisääntyvät lämpötilan ja varastointiajan kasvaessa. Pienimmät tappiot syntyvät, kun paalien

tiheys ja halkaisija kasvavat (Harrigan & Rotz 1994). Latoon tai ulos pressun alle varastoitaessa kuiva-ainetappiot ovat noin 2 %, mikäli raaka-aine on riittävän kuivaa varastoitaessa. Ruokohelven kuiva-ainepitoisuuden pitäisi olla alle 20 % paalattaessa, mikä on kova vaatimus syyskorjuussa, mutta toisaalta helposti saavutettavissa kevät-korjuussa.

Varastointikokeessa kuiva-ainetappiot olivat samaa suuruusluokkaa kuin Harriganin ja Rotzin (1994) kokeissa. Ulkovarastoinnissa kuiva-ainetappioihin vaikuttaa eniten sää, varastointiaika ja varastointimenetelmä (Harrigan et al. 1994). Varastointimenetelmä tarjoaa vaihtelevan suojan säätekijöitä vastaan. Kun paalit varastoidaan ulos, paalin keskiosa säilyy lähes samanlaisena kuin latoon varastoitu heinä. Samaan johtopäätökseen päätyivät Harrigan ja Rotz (1994) omissa kokeissaan.

Ulos varastoitaessa on suositeltavaa pinota paalit vaaka-asentoon päädystä katsoen kolmiomaiseen aumaan: kolme paalia vaippa alustaa vasten pohjakerroksessa, kaksi paalia rinnakkain toisessa kerroksessa ja kolmion harjana yksi paali. Kasa peitetään kuorma- tai kevytpeitteen avulla. Peite pingotetaan kasan päälle siten, että paaliauman päädyt jäävät auki, jolloin ilmavirtaus kuivattaa peitteen sisäpintaan mahdollisesti tiivistyvää vettä. Paalit varastoidaan karkean soran, kivimurskeen, puurutilöiden tai vaihtolavojen päälle. Näin estetään kosteuden siirtyminen maasta kuiviin paaleihin.

#### **9.4 Käsittelyketjun vaikutukset laatuun**

Korjuutappiot kohdistuivat pääasiassa kasvin loppukäytön kannalta arvottomiin osiin, sillä paalattu materiaali oli laadultaan käsittelemätöntä kasvia parempaa. Karhotus- ja noukintatappioissa menetetty materiaali oli raakakuitu- ja kivennäispitoisuuksiltaan lehtien kaltaista. Tätä käsitystä tukee lisäksi Haddersin (1994b) johtopäätös, että myös lehteä pilkkoutuu korjuun

yhteydessä pieniksi paloiksi, jotka jäävät paalaimen noukkimen ulottumattomiin.

Laadun paraneminen ei kuitenkaan kompensoi noin 20 prosentin korjuutappioita, sillä lehtien lisäksi menetetään aina myös kuitupitoista kortta. Lehtimassaa ei myöskään kannata hukata peltoon, sikäli kun se ominaisuuksiensa puolesta sopii kuivikkeeksi tai energiantuotantoon. Energiantuotantoon kevätkorjatusta materiaalista poistettu lehti-tuppi -jae sopii tuhkan sulamisen kannalta yhtä hyvin kuin koko kevätkorjattu kasvimateriaali, sillä tuhkan ensisulamispiste ei poikkea koko kasvimateriaalin arvosta. Tuhkan ensisulamispisteelle määritetty arvo 820 °C poikkeaa huomattavasti Olssonin (1994) esittämästä arvosta 1400 °C. Syytä tähän poikkeamaan ei kyetty selvittämään suoritetun tutkimuksen puitteissa.

Mekaanisessa käsittelyssä, kuten paalauksessa, muodostuva hienojakoinen pöly on tuhka- ja silikaattipitoista. Tehdyn seulonnan perusteella silikaattipitoisuus on lähes 50 % kuiva-aineesta. Tämän pölyn mahdolliset terveysvaikutukset jäivät tässä tutkimuksessa selvittämättä.

Syyskorjatun ruokohelven kokonaissaannot olivat varastointikokeen aikana 38–42,5 %. Keväällä 1995 korjatun ruokohelven saanto oli 3 kk varastoinnin jälkeen 46 %. Vuoden varastoinnissa ruokohelven keitto- ja massaominaisuudet olivat muuttuneet vähän. Tulos on jonkin verran yllättävä, kun vertaa sitä ulos ilman peitettä varastoitujen ruokohelpipaalien mikrobiologiseen laatuun ja siihen, että noin 10 cm paksu kerros paalien ulkokehällä oli mustunut pahasti.

Paperiarkkeja valmistettiin vuoden ajaksi latoon varastoidusta, ulos varastoitujen paalien sisuksesta ja pressulla peitettyjen paalien pintakerroksesta sekä 3 kk:n ajan varastoitujen keväällä korjattujen paalien sisäosista tehdystä massasta. Ruokohelipseosarkkien hienoaineksen määrä oli huomattavasti suurempi kuin kontrollin eli mänty-koivu-talkki -arkkien, mitä indikoivat korkeammat tiheydet ja suuremmat ilmanläpäisevyudet. Varastointitavalla oli

ristiriitaisia vaikutuksia seosarkkien ominaisuuksiin, joten tehdyn kokeen perusteella ei voida tehdä lopullisia johtopäätöksiä varastoinnin laatuvaikutuksista.

## 9.5 Mekaaninen esikäsittely

Mekaanisessa jakeistamisessa positiivisena puolena on raaka-aineen parantunut laatu sellun ja paperin teon kannalta. Laadun paraneminen edellyttää, että kasvimassa korjataan kokonaisuudessaan pellolta ja ennen tai jälkeen varastoinnin biomassaa jaetaan käyttötarkoituksen mukaisiin jakeisiin.

Luo'on seassa olevien irrallisten lehtien poistaminen ennen paalausta parantaisi heinäkasvien selluteknistä laatua. Pöyhimällä tehtävässä fraktioinnissa sellun valmistuksen kannalta huonolaatuinen massa pyrittiin erottamaan pellolla, jolloin sen sisältämät ravinteet olisivat seuraavana kasvukautena kasvien käytettävissä. Pääosa kasvien ravinteista sijaitsee nimenomaan sellun teossa käyttökelvottomissa kasvin osissa eli lehdistä. Toisaalta peltofraktioinnissa hitaasti hajoava orgaaninen aines voi joutua vesistöihin huuhtouman mukana. Pöyhinnässä menetetään kuitenkin aina sellun teon kannalta arvokasta korsimaista materiaalia. Otettaessa koko massa talteen, voidaan fraktiointi suorittaa stationaarisesti ja kohdistaa paremmin pelkästään lehtiä poistavaksi.

Korjuuajankohdan siirtyminen syksystä keväeseen johti riivintälaitteiston kehitystyön lopettamisen, sillä kevätkorjattu materiaali oli liian "säkrä" riivittäväksi. Talvehtinut korsi ei kestä iskuja vaan katkeaa. Lisäksi lehdistä ei ole riittävää sitkeyttä, jotta ne irtoaisivat niihin kohdistetun iskun voimasta. Mekaanisen jakeistamisen osalta kehitystyö suunnattiinkin jatkossa silputun materiaalin ilmaerotteluun.

Tehdyssä ilmaerottelussa raaka-aineesta hyvälaatuista oli noin 80 prosenttia, mikäli käytetään nykyisiä heinälajeja. Sellusaanto parani 45 %:sta 51 %:iin. Tulos ei ollut yhtä hyvä kuin tanskalaisten raportoimissa kokeissa (Fuglsang & Löfqvist 1993), mutta se

saavutettiin huomattavasti pienemmin raaka-ainehäviöin. Heidän kuivafraktiointilaitteistollaan sellusaanto nousi 48:sta 53 prosenttiin, kun raaka-aineesta hyväksyttiin noin 50 prosenttia.

Jakeistamisessa syntyvälle rejektille pitää olla sellainen käyttötarkoitus, että osa heinän tuotantokustannuksesta voidaan laskea syntyvän sivutuotteen osalle. Pilottikokeisiin rakennetulla laitteella syntyvän rejektin käyttötarkoitus jäi avoimeksi. Kyseeseen tulevat lähinnä käyttö energiaksi tai kuivikkeeksi, joista jälkimmäinen käyttötarkoitus vaikuttaa varsin lupaavalta materiaalin hyvien vedensidontaominaisuuksien vuoksi, mitä selvitettiin HY/MMTEK:ssa tehdyssä opinnäytetyössä (Pasila 1995).

Erityisesti on huomioitava, että fraktioinnista aiheutuu kustannuserä, joka kohdistuu lopputuotteen, sellun, hintaan. Mikäli sivutuotteelle ei löydetä mitään käyttöä, niin selluksi jalostettavan korsijakeen tuotantokustannukset nousevat huomattavasti. Sivutuotteen rajahintana on noin 183 mk/t ka, kun koko materiaalin tilahinta on 320 mk/t ka. Tällöin tehtaalle ei synny laskennallista hyötyä jakeistamisesta, mutta ei myöskään kateta yhtään jakeistamisen kustannuksia.

Tulevaisuudessa energiankäyttö tuskin vähenee, joten sivutuotteiden hyödyntäminen energiantuotannossa on perusteltua. Kyseisen energiantuotannon mahdollistaa omalta osaltaan raaka-aineen parantunut laatu siirryttäessä syyskorjuusta kevätkorjuuseen. Toinen mahdollinen käyttö sivutuotteelle on hyödyntää se kompostoinnissa tukiaineena.

## 9.6 Tuotantokustannukset ja saatavuus

Tuotantokustannukset syys- ja kevätkorjuussa ovat 470 mk/t ka, mikäli syyskorjuu voidaan tehdä ilman paalien latokuivausta. Todennäköisesti osa tai kaikki syyskorjuun paaleista joudutaan kuivamaan, jolloin tuo-

tantokustannukset nousevat noin 200 mk/ta.

Verrattaessa koivukuituun keväällä korjatun ruokohelven edellytykset kilpailukykyiselle tuotannolle ovat hyvät. Jos pyöröpaalaimella korjatusta ruokohelvestä maksetaan sellutehtaalla 400 mk/tonni kuiva-ainetta, hinta kattaa tuotantotarvikkeet, työn ja kiinteät konekustannukset sekä kuljetuksen. Lisäksi maan pääomakustannuksen katteeksi viljelyvuotta kohti jää noin 400 mk/ha. Laskelmissa käytetyn maan pääomakustannuksen, 800 mk/ha, saavuttaminen edellyttää koneiden käytön tehostamista sekä lisäksi satotason nostoa.

Laskettua maan pääomakustannusta, 800 mk/ha, voidaan pitää hyvin kohtuullisena, koska esimerkiksi kalkitukselle ja salaajien poistolle ei ole erikseen laskettu kustannusta. Vain lyhyellä tähtämellä tai vaihtoehtoisten pellonkäyttömuotojen puuttuessa voidaan maan pääomakustannus jättää huomioimatta.

Kaikilla paalausmenetelmillä on mahdollista päästä suunnilleen samoihin tuotantokustannuksiin, kun korjuukalustoa käytetään tehokkaasti. Koska kovapaalien koneellinen käsittely on ongelmallista, ja kanttipaalamia on Suomessa vielä vähän, on pyöröpaalaus käyttökelpoisin vaihtoehto. Tilatasolla kiinteitä konekustannuksia voidaan alentaa esimerkiksi urakoinnin tai koneiden yhteiskäytön avulla.

Saatavuus perustuu riittävän suureen, myös mahdolliset sadonmenetykset sallivaan, viljelyalaan raaka-ainetta käyttävän teollisuuslaitoksen ympärillä. Laskelmien mukaan parhaimmalta sijoituspaikalta ruokohelpiviljelmille vaikuttaa Kymenlaakso. Kyseisellä alueella on riittävästi peltoa laajamittaiseen tuotantoon. Ratkaisevaa viljelyn laajentumiselle on viljelijöille jäävä kate.

Ruokohelvellä on mahdollista päästä samaan katetuottoon kuin rehuohralla, kun myyntituotoista vähennetään muuttuvat kustannukset. Tämä edellyttää, että ruokohelven sato pysyy suhteellisen korkeana. Koneiden poistot ja korot huomioon ottaen on ruokohelvellä mahdollista päästä re-

huohraa parempaan tulokseen. Ruokohelvellä työmäärä hehtaaria kohti on lähes puolta pienempi kuin ohralla. Viljelijän tuotonmuodostuksen kannalta on lisäksi hehtaaritukien merkitys oleellinen.

Viljelijöiden todellinen halukkuus ruokohelven tuotantoon selviää vasta, kun viljelysopimuksia aletaan tehdä. Kiinnostus ruokohelven tuotantoon saattaa kasvaa merkittävästi, kun viljelyalat alueilla saavuttavat käytännön mittakaavan. Vaihtoehtoisten kasvien kuten rehuviljan alhainen hintataso voi omalta osaltaan lisätä viljelijöiden kiinnostusta kuituheinän tuottamiseen, varsinkin jos joudutaan harkitsemaan investointeja uuteen leikkupuimuriin tai kuivuriin. Kesannolla ruokohelven tuottaminen on yrittäjälle kannattava vaihtoehto. Tämän vuoksi yleinen kesannointivelvoite vaikuttaa yrittäjien tuotantohalukkuuteen ja ruokohelven mahdollisiin viljelyaloihin. Ruokohelvelle kesannolla tai kesannon ulkopuolella maksettavien suorien hehtaaritukien määrällä on myös ratkaiseva vaikutus kuituheinän tuotannon käynnistymiseen.

## 9.7 Loppupäätelmät

Kokonaisuutena ruokohelven käyttö pape-riteollisuuden raaka-aineena avaa mielenkiintoisia mahdollisuuksia ylijäämäpellon hyötykäytölle. Pienen volyymin ja korkean hinnan omaavilla erikoistuotteilla voi olla suuri tilakohtainen merkitys, mutta koko satojen tuhansien hehtaarien ylijäämäpellon ongelmaa niillä ei ratkaista. Tähän tarvitaan ns. volyymituotteita, joista edellä kuvattu kuituheinätuotanto on lupaavimpia. Suoritetuissa laskelmissa raaka-aineen tuotantokustannus oli vertailukelpoinen tuontikoivun hinnalle. Jakeistetusta ruokohelvestä tehty sellu vastaa ominaisuuksiltaan koivusellua hienopaperin lyhytkuitukomponenttina.

Tilatasolta tarkasteltaessa tuotteesta saatavissa oleva hinta tekee tuotannosta kilpailukykyisen vaihtoehdon ohran tuottamiselle. Pelkän raaka-aineen tuotta-

minen ei kuitenkaan tarjoa riittävästi vaihtoehtoisia työtilaisuuksia maaseudulle, joten on kehitettävä tilalla tapahtuvaa ja tilalla työskenteleviä työllistävää jatkoprosessointia. Nämä toimenpiteet voidaan yhdistää tavoitteisiin parantaa ruokohelven sellu- ja paperiteknisii ominaisuuksia.

Hankkeessa saatuja tuloksia voidaan käyttää hyväksi myös kehitettäessä pelto-biomassojen energiankäyttöä. Energiantuotannossa kannattavuus edellyttää suurta satoa ja halpoja käsittelykustannuksia; samaa mihin kuituheinässäkin pyritään.

Tuotannon käynnistymistä rajoittaa osittain siemenen puute. Teknisesti kotoperäisen siemenen tuottaminen on täysin mahdollista. Merkittävin epävarmuus liittyy puinnin onnistuneeseen ajoittamiseen, sillä röyhyn eri osat tuleentuvat varsin eriaikaisesti. Viljelyn aloittaminen edellyttäisi teollisuuden investointipäätöstä tai muita kannusteita, sillä viljelijät eivät uskalla perustaa kymmenvuotisiksi suunniteltuja nurmia epävarmoina mahdollisista markkinoista.

## Kirjallisuus

---

**Buckmaster, D.R., Rotz, C.A. & Mertens, D.R.** 1989. A Model of Alfalfa Hay Storage. *Transactions of the ASAE* 31(1): 30–36.

**Fuglsang, H. & Löfqvist, B.** 1993. Progress report on the ECLAIR biorefinery project - development of new processes for fractionation and partial defibration. In: *Straw - A valuable raw material*. Leatherhead: Pira International. Volume 1. Paper 02. 9 p.

**Hadders, G.** 1989. Skörd, lagring och hantering av gräs för förbränning. Jordbrukstekniska institutet. Meddelande 426. 59 p. ISBN 91-7072-087-8

**Hadders, G.** 1994a. Erfarenheter kring vårskördad rörfilen. Jordbrukstekniska institutet. JTI-rapport 191: 1–62. (ISSN 0346-7597)

**Hadders, G.** 1994b. Spill vid vårskörd av rörfilen. Tre studier 1994. Jordbrukstekniska institutet. JTI-rapport 192: 1–21. (ISSN 0346-7597)

**Harrigan, T. & Rotz, C.** 1994. Net, Plastic and Twine-Wrapped Large Round Bale Storage Loss. *Applied Engineering in Agriculture*. 10(2): 188–194.

**Harrigan, T., Rotz, C. & Black, J.** 1994. A Comparison of Large Round Bale Storage and Feeding Systems on Dairy Farms. *Applied Engineering in Agriculture*. 10(4): 479–491.

**Hemming, M.** 1992. Kuitukasvien korjuuteknikka -esitutkimus. Abstract: Handling Techniques of Non-Wood Fibers - A Pilot Study. Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalousteknologian laitos.

**Maatalousteknologian julkaisuja** 8. 83 p. 12 liitös. (ISSN 1235-3957) ISBN 951-45-6341-7

**Jalli, H.** 1995. Agrokuitukasvien fraktiointi. Pro gradu -työ. Käsikirjoitus.

**Järvenpää, M. & Maunu, T.** 1995. Ruokohelven tuotantokustannus ja korjuuvarmuus. Työtehoseuran maataloustiedote 3/1995 (455): 1–6. (ISSN 0782-6788)

**Järvenpää, M. & Peltonen, M.** 1995. Maatalouskoneiden kustannuslaskenta ja koneiden hinnoittelu. Työtehoseuran maataloustiedote 458. 6 p. (ISSN 0782-6788)

**Kallio, M.** 1995. Ruokohelven fraktiointi. Pro gradu -työ. Käsikirjoitus.

**Kristensen, E. F.** 1992. Høst, opbevaring og anvendelse af elefantgræs (*Mischanthus sinensis* ("Gigantus")) til fyringsformål. Horsens: Landbrugsministeriet. Statens Jordbrugstekniske Forsøg. Beretning 52/1992. (ISSN 0106-875X) ISBN 87-7471-008-7

**Laaksonen, K. & Vanhala, A.** 1992. Maatalouden työnormit - viljanviljelyn työketjut. Kylvötyöt. Työtehoseuran maataloustiedote 419. 8 p. (ISSN 0782-6788)

**Laine, A. & Peltonen, M.** 1992. Maatalouden työnormit - nurmiviljelyn työketjut. Säilörehun korjuutyöt. Työtehoseuran maataloustiedote 411. 8 p. (ISSN 0782-6788)



- Lomakka, L.** 1993. Odlingstekniska försök avseende skördetid, gödsling och produktkvalitet samt sortförsök i rörflen (*Phalaris arundinacea* L.) till biobränsle och fiberråvara 1991/92 och 1992/93. Summary: Field experiments in reed canary grass for biofuel and fibre. Röbbäcksdalen meddelar 13: 1–43. (ISSN 0348-3851) ISRN NLBRD-M—13:93—SE
- Nilsson, D.** 1991. Bärning, transport, lagring och förädling av halm till bränsle -metoder, energibehov, kostnader. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbruksteknik. Rapport 150. 98 p. (ISSN 0283-0086)
- Oknelid, T.** 1994. Delrapport för delprojekt "Skörde och transportteknik" inom projekt Norrfiber- jordbruksväxter för massa och energiproduktion. 5 p. 6 liites. Manus.
- Olsson, R.** 1991. Vårskördad rörflen - konsekvenser för kvaliteten. Rörflen för massa och bränsle. Karlstad, September 10–11, 1991. 7 p.
- Olsson, R.** 1993. Production methods and costs for reed canary grass as an energy crop. In: Bioenergy 93. Conference. Espoo, Finland, November 17-18, 1993. Jyväskylä: Bioenergy research programme. Publications 2: 201–211. (ISSN 1236-4738) ISBN 952-9500-62-9
- Olsson, R.** 1994. A new concept for reed canary grass production and its combined processing to energy and pulp. In: Non-wood fibres for industry. Pira International / Silsoe Research Institute Joint Conference. 23-24 March 1994. Vol 1. Paper 6. 8 p.
- Olsson, R.** 1995. Sveriges lantbruksuniversitet. Tampere 13.11.1995. Suullinen tiedonanto.
- Pahkala, K., Mela, T. & Laamanen, L.** 1994. Agrokuidun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Alustavan tutkimuksen loppuraportti 1990–1992. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12/94. 75 p.
- Pasila, A.** 1995. Kompostoituvan tukimateriaalin vedenpidätyskyky. Pro gradu -työ. 133 p. Säilytys: Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalousteknologian laitos.
- Peltonen, M.** 1993. Maatalouden työnormit: Heinän ja oljen korjuutyöt. Työtehoseuran maataloustiedote 436. 8 p. (ISSN 0782-6788)
- Peltonen, M. & Vanhala, A.** 1992. Maatalouden työnormit. Kasvintuotannon yleiset työt. Työtehoseuran maataloustiedote 421. 8 p. (ISSN 0782-6788)
- Suokannas, A.** 1991. Heinän varastokuivaus. Vihti: Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. VAKOLA. Tutkimuslaskelma 60. 53 p. (ISSN 0782-0054)
- Työtehoseura r.y.** 1988. Maatalouden työnormit. Työtehoseuran maatalous- ja rakennusosaston monisteita 2. ISBN 951-788-133-9
- Vanhala, I.** 1995. Ruokohelven kevätkorjuu. Pro gradu -työ. Käsikirjoitus.

## Tekstissä esiintyvien lyhenteiden ja käsitteiden merkitykset.

ka	kuiva-aine, kuiva-ainetta, kuiva-aineesta
x	keskiarvo
t	tonni, tonnia
<u>Aksepti</u>	on jakeistuksessa kuitukäyttöön hyväksytty jae.
<u>Esikäsittely</u>	sisältää toimenpiteet, joita suoritetaan tilatasolla sadon laadun parantamisen vuoksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. materiaalin silppuaminen ja sen jälkeen tehty ilmaerottelu.
<u>Hankintasäde</u>	on ympyrän säde, jonka sisäpuolelle jää teollisuuslaitoksen tarvitseman raaka-aineen tuotantoalue.
<u>Ilman läpäisy</u>	paperiarkin ilmanläpäisevyys määritettynä Gurley -laitteella.
<u>ISO-vaaleus</u>	kuvaa sellumassan vaaleustasoa.
<u>Jäännös pH</u>	kuvaa keittoliemestä keiton jälkeen otetun näytteen pH:ta.
<u>Kanttipaali</u>	on suorakaiteen muotoinen paalityyppi, jonka mitat ovat suuremmat kuin kovapaalilla ja tiheys noin kaksin-kolminkertainen.
<u>Kappa-luku</u>	kuvaa massan ligniinipitoisuutta. Alhainen Kappa-luku merkitsee yleensä helppoa valkaisua.
<u>Kuitupituus</u>	kuvaa massan keskimääräistä painotettua kuidun pituutta.
<u>Korjuujakso</u>	on aikaväli, jona korjuu onnistuu muiden kuin säätelijöiden puolesta.
<u>Korjuupäiväkerroin</u>	ilmaisee kuinka suuri osa korjuujakson päivistä on korjuukelpoisia.
<u>Kovapaali</u>	on suorakaiteen muotoinen paalityyppi. Yksittäisen paalin paino on 10 - 20 kg ja paalien tiheys on noin 80–120 kg/m <sup>3</sup> .
<u>Pyöröpaali</u>	on sylinterimäinen paali, jonka halkaisija on 100–150 cm. Yksittäisen paalin paino on 150 - 300 kg ja paalien tiheys on maksimissaan 150 kg/m <sup>3</sup> .
<u>Rejeki</u>	on jae, jonka poistaminen biomassasta parantaa sen käytettävyyttä sellun ja paperin valmistuksessa.
<u>Repäisylujuus</u>	on paperin lujuutta kuvaava suure määritettynä standardin mukaisesti.
<u>Saanto</u>	kuvaa kyseisestä kasvista saatavan massan määrää prosentteina kuiva-aineesta sellunkeitossa.
<u>SR-luku</u>	kuvaa veden poistumista sellumassasta. Mitä pienempi luku, sitä helpommin vesi poistuu massasta.
<u>Taittolujuus</u>	on paperin lujuutta kuvaava suure määritettynä standardin mukaisesti.
<u>Tiheys</u>	on paperiteknisissä kokeissa arkin tiheys, paalien kohdalla paalin tiheys.
<u>Valon sironta</u>	kuvaa standardin mukaisesti määritettynä valon sirontaa paperiarkista.
<u>Vetolujuus</u>	on paperin lujuutta kuvaava suure määritettynä standardin mukaisesti.
<u>Viskositeetti</u>	kuvaa selluloosamolekyylien pilkkoutumista keiton aikana. Määrittelyssä pyritään ennakoimaan sellusta valmistettavan paperin lujuutta.

## LIITE 2

Tappioiden erittelyssä käytetyt laskukaavat sekä laskentakaavoissa käytetyt symbolit.

$$A_2 = l_2 * s_1 * x_1$$

$$A_3 = A_1 - A_2$$

$$A_4 = (s_1 - x_1 * l_1) * x_2 * l_2$$

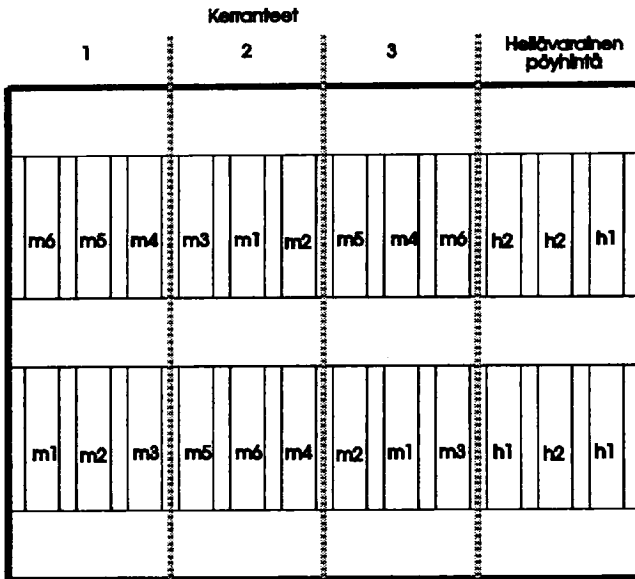
$$m_{ka} = (A_3 - A_4) * m_1 \quad (\text{kaava 1})$$

$$m_{no} = A_4 * m_2 \quad (\text{kaava 2})$$

$$m_{ni} = A_3 * m_3 \quad (\text{kaava 3})$$

$A_1$	koeruudun pinta-ala
$A_2$	nollasato määrityksiin käytetty pinta-ala
$A_3$	korjattu ala
$A_4$	karhojen pinta-ala
$l_1$	Haldrupin työleveys, 1,5 m
$l_2$	paalaimen noukkimen työleveys, 1,4 m (Junkkarilla)
$m_{ka}$	karhotustappiot
$m_{no}$	noukintappiot
$m_{ni}$	niittotappiot
$m_{pp}$	paalaustappiot (paalaus)
$m_{ps}$	paalaustappiot (sidonta)
$m_1$	karhotuksesta kerättyjen tappionäytteiden kuivapainojen keskiarvo ( $g/m^2$ )
$m_2$	noukinnasta kerättyjen tappionäytteiden kuivapainojen keskiarvo ( $g/m^2$ )
$m_3$	niitosta kerättyjen tappionäytteiden kuivapainojen keskiarvo ( $g/m^2$ )
$s_1$	koeruudun pituus
$x_1$	Haldrup- ajojen lukumäärä
$x_2$	karhojen lukumäärä

Kenttäkoekartta Vihdin syyskorjuukokeesta 1993.



Koekentän koko oli 111 m \* 86 m. Ruutujen koko oli 25 m \* 6 m, jolloin lohkojen ja ruutujen väliin jäi kolmen metrin nollaruudut, joilta määriteltiin biologinen sato satotappioiden arvioimista varten. Ruutujen päihin jäi kahdentoista metrin kääntymisalue.

Kokeen menetelmät arvottiin ruutuihin:

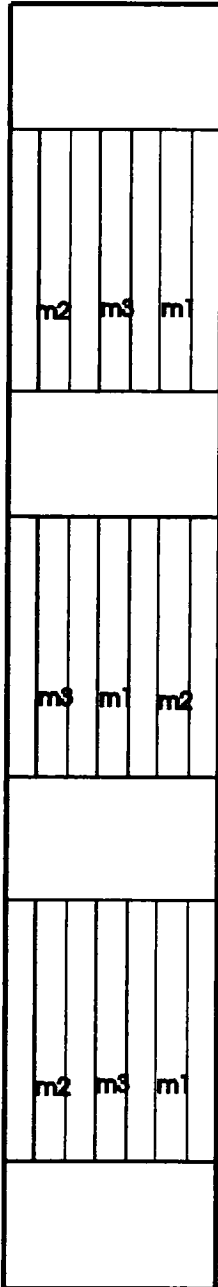
- m1: niitto ja kelapöyhin
- m2: niittomurskaus ja kelapöyhin
- m3: niitto, erillinen telamurskaus ja kelapöyhin
- m4: niitto ja pyöröharavapöyhin
- m5: niittomurskaus ja pyöröharavapöyhin
- m6: niitto, erillinen telamurskaus pyöröharavapöyhin

Hellävaraisen pöyhinnän vaikutusta tutkivan kokeen menetelmät:

- h1: niitto ja kelapöyhin
- h2: niitto ja pyöröharavapöyhin

LIITE 4

Kenttäkoekartta Viikin ruokohelpilohkolta syyskorjuussa 1993.

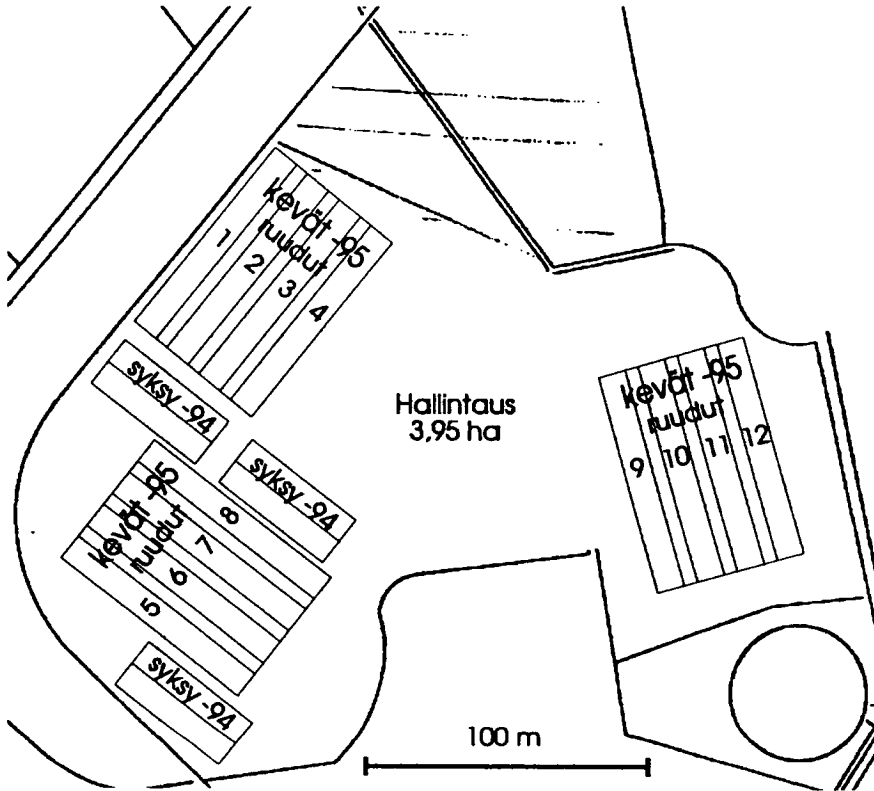


Alueen koko oli 123 m \* 20,2 m. Ruudut olivat 25 m \* 3 m, jolloin ruutujen väliin jäi 2,8:n metrin nollaruudut biologisen sadon määrittämistä varten. Ruutujen päihin jäi kahdentoista metrin kääntöalueet.

Koejäsenet, jotka arvottiin koealalle:

- m1: yksi pöyhintä päivässä
- m2: kaksi pöyhintää päivässä
- m3: neljä pöyhintää päivässä

Koealojen sijoittuminen Vihdissä MTT VAKOLAn pellolla syksyllä 1994 sekä keväällä 1995.



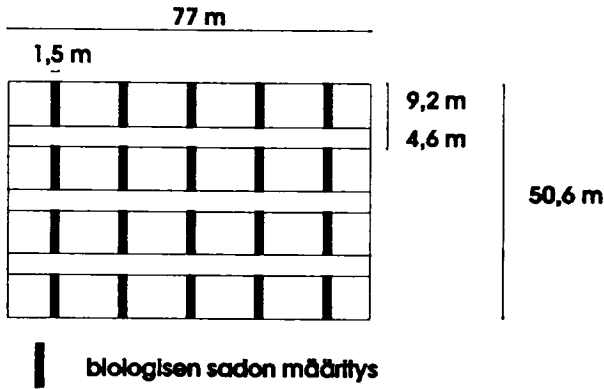
Peltolohkona Vihdissä oli Hallintaus-niminen lohko, johon oli perustettu ruokohelpikasvusto keväällä 1993. Syksyllä 1994 ja keväällä 1995 kyseiseltä lohkolta korjattiin siten ensimmäisen tuotantovuoden sato.

Syksyn 1994 ruuduista ei ole esitetty yksityiskohtaisempaa kuvausta liitteissä. Yksittäisen ruudun koko oli keskimäärin 44 m \* 9,2 m kahden kerranteen osalta. Kolmannessa kerranteessa ruutujen koko oli keskimäärin 54 m \* 9,2 m.

Kevään 1995 osalta ruuduista on yksityiskohtaisemmat kuvaukset liitteessä 6.

LIITE 6

Ruutujen mitat Vihdin kokeessa keväällä 1995 sekä biologisen sadon määrittäisiin käytetty ala ja paalattu ala.

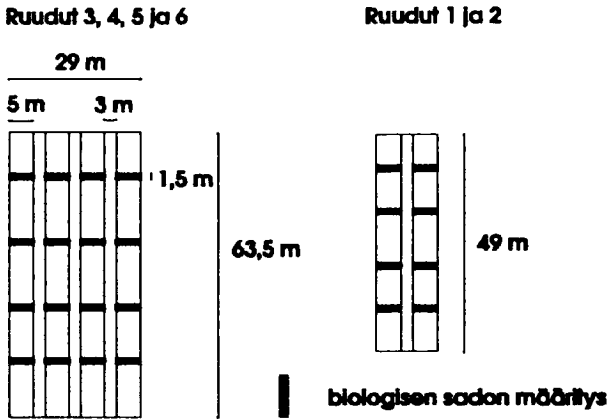


Oheisen kuvan esittämiä neljän ruudun kerranteita oli kolme kappaletta sijoitettuna Hallintaus-nimiselle lohkolle liitteessä 5 kuvatulla tavalla.

Ruutujen päihin oli tehty 12 metrin kääntymisalueet syksyllä 1994. Samoin ruutujen väliä oli niitetty auki jo syksyllä. Ruutujen mitat käyvät ilmi oheisesta kuvasta sekä pinta-alat oheisesta taulukosta.

Kerranne	Ruutu	Biologisen sadon määrittäisiin käytetty ala	Paalattu ala
1	1	63,8	590
	2	63,8	603
	3	63,8	608
	4	63,8	593
2	5	63,8	558
	6	63,8	619
	7	63,8	587
	8	63,8	590
3	9	63,8	591
	10	63,8	603
	11	63,8	592
	12	63,8	558

Ruutujen mitat Viikin kokeessa keväällä 1995 sekä biologisen sadon määrittäisiin käytetty ala ja paalattu ala.



Viikissä kyseiset koeruudut sijaitsivat Lösvalle-nimisellä loholla. Kasvusto oli perustettu keväällä 1992, joten keväällä 1995 loholta korjattiin toisen tuotantovuoden sato.

Ruudut sijaitsivat peltoloholla siten, että ruudut 1 ja 2 olivat ruutujen 5 ja 6 jatkeena. Ruutujen päihin oli tehty 12 metrin kääntymisaluet syksyllä 1994. Samoin ruutujen välit oli niitetty auki jo syksyllä. Ruutujen mitat käyvät ilmi oheisesta kuvasta sekä pinta-alat oheisesta taulukosta.

Ruutu	Biologisen sadon määrittäisiin käytetty ala	Paalattu ala
1	30,5	222
2	30,5	211
3	30,3	279
4	31,6	309
5	31,5	282
6	29,9	278



Tuotantokustannuslaskelmien konetöiden hinnoittelu (ei sisällä palkkaa). Konetöissä käytetyn traktorin teho on 61–70 kW, hankintahinta on 175480 mk ja jäännösarvo 7 vuoden kuluttua 45 %. Traktorin tuntikustannus on 61 mk, josta 22 mk on muuttuvia kustannuksia (poltto- ja voiteluaine, kunnossapito). Traktorin tuntikustannus sisältyy kuhunkin työvaiheeseen. Kaikkien työkoneiden vuotuisena kunnossapitokustannuksena on käytetty 5 % koneen hankintahinnasta. Laskentakorko on 5 %. Muiden koneketjujen osalta on mainittu vain pyöröpaalauksen kevätkorjuusta poikkeavat työvaiheet.

Työvaihe	h	mk/h	mk/ha	Työkone tai menetelmä	Hinta	Käyttö	Poisto
<b>Pyöröpaalaus, kevätkorjuu</b>							
Kyntö	1,23	110	135,1	Sarka-aura, nostolaite 4*16"	27100	100	10
Äestys (3 krt)	1,23	113	139,0	Joustopiikkiäes 4.5 m	26200	90	10
Kylvölannoitus	0,71	200	142,6	Kylvölannoitin 3 m, hinattava	54100	70	10
Jyräys	0,35	139	49,1	Hinattava jyrä 5 m	19000	40	12
Kasvinsuojeluruiskutus	0,30	146	43,2	Nostolaiteruisku, 900 l, 14 m	15600	30	12
Lannoitus	0,26	122	31,3	Puhallinlevitin 12 m	14800	50	8
Niitto ja niittomurskaus	0,64	211	135,5	Niittomurskain, nostolaite 2.4 m	36900	40	12
Paalaus	1,03	271	278,6	Pyöröpaalain, narusidonta	90200	70	12
Paalien siirto välivarastoon	0,78	65	50,7	Etukuormain ja paalipiikki	1000	40	12
Muu traktorityö			52,0	Kuormaukset, siirtymiset ym.			
<b>Kovapaalaus, kevätkorjuu</b>							
Paalaus	0,88	295	258,0	Kovapaalain ja paalireki	57400	40	12
Paalien siirto välivarastoon	1,67	77	129,4	Etukuormain ja nippukuljetin	4000	40	12
Muu traktorityö			53,2	Kuormaukset, siirtymiset ym.			
<b>Kanttipaalaus, kevätkorjuu</b>							
Karhotus (2 karhoa yhd.)	0,41	154	63,1	Keskipakopöyhin 4.8 m	28600	50	12
Paalaus	0,47	504	239,3	Kanttipaalain	245000	90	12
Paalien siirto välivarastoon	1,26	65	82,4	Etukuormain ja paalipiikki	1000	40	12
Muu traktorityö			52,2	Kuormaukset, siirtymiset ym.			
<b>Pyöröpaalaus, kesäkorjuu</b>							
Lannoitus	0,30	122	36,5	Puhallinlevitin 12 m	14800	50	8
Pöyhintä (3 krt)	1,46	104	152,1	Keskipakopöyhin 3.2 m	13100	50	12
Karhotus	0,60	104	62,7	Keskipakopöyhin 3.2 m	13100	50	12
Paalaus	1,05	271	284,0	Pyöröpaalain, narusidonta	90200	70	12
Paalien siirto välivarastoon	0,96	65	62,7	Etukuormain ja paalipiikki	1000	40	12
Muu traktorityö			55,8	Kuormaukset, siirtymiset ym.			
				Etukuormain	28700	300	12
				Perävaunu	18900	150	12

Syyskesällä pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannuslaskelma. Pääoman korko 5 %, työkustannus 50 mk/h, vuosittainen tyypilannoitus 100 kg N/ha, maan pääomakustannus 800 mk/ha, viljelykierto 10 v, satovuosia 9 ja sato 7,5 t kuiva-ainetta/ha. Laskelma tehty satovuotta kohti.

						Satovuotta kohti				
	Määrä	a 'mk	mk/ha	mk/ha	mk/t	%	h/ha	h/t		
<b>Perustaminen</b>	1 krt/kierto									
Siemenet, kg	15	46	690,0	76,6	10,2	1,6				
Lannoitteet, TR3,kg	415	1,40	581,0	64,6	8,6	1,3				
Torjunta-aineet, l	2,0	32,10	64,2	7,1	1,0	0,1				
Koneet, h	3,94		535,7	59,5	7,9	1,2	0,44	0,06		
Ihmistyö, h	4,62	50	231,0	25,7	3,4	0,5	0,51	0,07		
<b>Perustaminen yht.</b>			<b>2102</b>	<b>234</b>	<b>31</b>	<b>4,7</b>				
<b>Hoito</b>	9 krt/kierto									
Lannoitteet, TR2, kg	500	1,36	680,0	680,0	90,7	13,8				
Koneet, h	0,34		39,3	39,3	5,2	0,8	0,31	0,04		
Ihmistyö, h	0,41	50	20,6	20,6	2,7	0,4	0,37	0,05		
<b>Hoito yht.</b>			<b>740</b>	<b>740</b>	<b>99</b>	<b>15,0</b>				
<b>Korjuu</b>	9 krt/kierto									
Paalinaru, m	2000	0,03	66,7	66,7	8,9	1,4				
Varastointimuovi, t	7,5	7,0	52,5	52,5	7,0	1,1				
Koneet, h	4,83		723,5	723,5	96,5	14,7	4,83	0,64		
Ihmistyö, h	5,70	50	284,8	284,8	38,0	5,8	5,70	0,76		
<b>Korjuu yht.</b>			<b>1127</b>	<b>1127</b>	<b>150</b>	<b>22,9</b>				
<b>Kuivaus, t</b>	7,5	185,0	1387,5	1387,5	185,0	28,2				
Kuljetus (50 km), t	7,5	65,7	493,1	493,1	65,7	10,0				
<b>Maan pääomakustannus</b>			800,0	888,9	118,5	18,1				
<b>Liikepääoman vaihtoehtois kustannus</b>				49,9	6,6	1,0				
<b>Kustannukset yhteensä</b>				<b>4920</b>	<b>656</b>	<b>100,0</b>				
<b>Koneet yhteensä</b>				822	110	16,7	5,58	0,74		
<b>Ihmistyö yhteensä</b>				331	44	6,7	6,57	0,88		
						<b>Maapohja 800 mk/ha</b>		<b>Ei maapohjaa</b>		
						mk/ha	mk/t	%	mk/t	%
Lannoitteet				744,6	99,3	15,1	99,3	18,5		
Muut tarvikkeet				203,0	27,1	4,1	27,1	5,0		
Konekustannukset				177,4	23,6	3,6	23,6	4,4		
Kuivaus				412,5	55,0	8,4	55,0	10,2		
Liikepääoman vaihtoehtois kustannus					49,9	6,6	1,0	6,61,2		
Kuljetus				493,1	65,7	10,0	65,7	12,2		
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>				<b>2080</b>	<b>277</b>	<b>42,3</b>	<b>277</b>	<b>51,6</b>		
<b>Työkustannus</b>				<b>331,0</b>	<b>44,1</b>	<b>6,7</b>	<b>44,1</b>	<b>8,2</b>		
<b>Muuttuvat + työkustannus yhteensä</b>				<b>2411</b>	<b>322</b>	<b>49,0</b>	<b>322</b>	<b>59,8</b>		
Konekustannukset				644,9	86,0	13,1	86,0	16,0		
Kuivaus				975,0	130,0	19,8	130,0	24,2		
<b>Maan pääomakustannus</b>				888,9	118,5	18,1				
<b>Kiinteät kustannukset yhteensä</b>				<b>2509</b>	<b>335</b>	<b>51,0</b>	<b>216</b>	<b>40,2</b>		
<b>Kustannukset yhteensä</b>				<b>4920</b>	<b>656</b>	<b>100,0</b>	<b>538</b>	<b>100,0</b>		

Koneiden ja tarvikkeiden hinnat ym. kuten ruokohelven kevätkorjuussa.

## LIITE 10

Arvio ruokohelvelle maksettavista hehtaariuista (mk/ha) syksyllä -95. LFA -tuki: ns. luonnonhaittakorvaus (Less Favourable Areas), CAP -tuki: EU:n yhteisen maatalouspolitiikan mukainen pinta-alatuki (Common Agricultural Policy), kansallinen tuki: Suomen omista varoista maksettava tuki (pohjoinen tuki).

	Tukialue			
	A	B	C1	C2
Kesannon ulkopuolella				
LFA - tuki		1048	1048	1048
Ympäristötuki	1730	850	850	850
Kansallinen tuki				200
Tuet yhteensä	1730	1898	1898	2098
Tuet, p/kg (6 t ka/ha)	29	32	32	35
Non-food kesannolla				
CAP - tuki	1376	1133	1133	931
LFA - tuki		1048	1048	1048
Kansallinen tuki				200
Tuet yhteensä	1376	2181	2181	2179
Tuet, p/kg (6 t ka/ha)	23	36	36	36

Maatilojen lukumäärä ja hallinnassa oleva peltoala viljelijäkyselyn otanta-alueen tiloilla sekä otokseen pimituilla tiloilla.

Kunnan nimi	Maatiloja (pelt. väh. 15 ha) lkm	Näillä peltoa ha	Otoskoko	Otostiloilla	Otoskoko
			lkm	peltoa ha	%
<b>Kuusankosken seutu</b>					
Artjärvi	163	5503	50	1563	30,7
Elimäki	433	14600	133	4529	30,7
Heinolan	62	1528	19	501	30,6
Iiti	321	11542	98	3958	30,5
Jaala	85	2360	26	706	30,6
Kotka	67	1950	21	592	31,3
Kouvola	12	517	4	227	33,3
Kuusan	39	1697	12	670	30,8
Liljendal	109	3312	33	1046	30,3
Loviisa	2	79	1	19	50,0
Luumäki	169	4656	52	1467	30,8
Mäntyharju	104	2309	32	723	30,8
Nastola	159	4875	49	1511	30,8
Orimattila	453	17529	139	5497	30,7
Pyhtää	107	3135	33	954	30,8
Savitaipale	121	3057	37	975	30,6
Anjalankoski	386	11360	118	3293	30,6
Valkeala	280	7934	86	2532	30,7
Vehkalahti	193	5318	59	1741	30,6
<b>Yhteensä</b>	<b>3265</b>	<b>103262</b>	<b>1002</b>	<b>32506</b>	<b>30,7</b>
<b>Imatran seutu</b>					
Imatra	52	1699	22	683	42,3
Joutseno	172	5336	74	2202	43,0
Lappeenranta	346	9530	149	4267	43,1
Lemi	82	1991	35	845	42,7
Miehikkälä	167	4282	72	1800	43,1
Puumala	51	1056	22	420	43,1
Rautjärvi	62	1607	27	671	43,5
Ruokolampi	84	1986	36	861	42,9
Taipalsaari	57	1409	25	650	43,9
Ylämaa	87	2077	38	901	43,7
<b>Yhteensä</b>	<b>1160</b>	<b>30974</b>	<b>500</b>	<b>13301</b>	<b>43,1</b>
<b>Äänekosken seutu</b>					
Hankasalmi	172	4356	72	1837	41,9
Jyväskylän mlk	68	1983	28	875	41,2
Kannonkoski	42	1053	17	495	40,5
Konnevesi	81	1910	34	810	42,0
Laukaa	206	6111	87	2712	42,2
Multia	30	761	12	286	40,0
Petäjävesi	65	1569	27	626	41,5
Pylkönmäki	32	764	13	296	40,6
Saarijärvi	197	5072	83	2070	42,1
Sumiainen	30	698	12	270	40,0
Suolahti	6	196	2	65	33,3
Uurainen	58	1304	24	579	41,4
Vesanto	118	2807	49	1187	41,5
Äänekoski	96	2599	40	1075	41,7
<b>Yhteensä</b>	<b>1201</b>	<b>31183</b>	<b>500</b>	<b>13183</b>	<b>41,6</b>

Viljelijöille lähetetty kyselylomake ruokohelven tuotantohalukkuuden selvittämiseksi.

## KUITUHEINÄN JA OLJEN TUOTANTOHALUKKUUS JA- MAHDOLLISUUDET

### A. TAUSTATIEDOT

#### I Tilatiedot

1. Peltä hallinnassa (oma + vuokrattu) kesäkuussa 1995 \_\_\_\_\_ hehtaaria

2. Pellon käyttö 1995

Vilja-, öljy- ja palkokasvit \_\_\_\_\_ ha

Nurmikasvit \_\_\_\_\_ ha

Kesanto \_\_\_\_\_ ha

Muu \_\_\_\_\_ ha

Heinä- ja vilja-alasta myydään: Heinää \_\_\_\_\_ ha Viljaa \_\_\_\_\_ ha

3. Pääelinkeino, merkitkää 1 tai 2 vaihtoehtoa

Viljanviljely  Lypsykarjatalous

Naudanlihantuotanto  Sianlihantuotanto

Porsastuotanto  Muu, mikä \_\_\_\_\_

Muu oma yritys  Tilan ulkopuolinen työ, isäntä  emäntä

4. Viljelijän ikä \_\_\_\_\_ vuotta

#### II Korjuukoneet

5. Onko tilalla heinä- ja oljenkorjuuseen sopivaa kalustoa? kyllä  ei

6. Jos vastasitte kyllä, luettelkaa koneet. Kuntoarviossa ympyröikää; 1=erittäin heikko, 5=erittäin hyvä

	Kpl	Ikä, v	Kapasiteetti/koko	Kuntoarvio
Lautasniitokone	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Lieriöniitokone	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Niittomurskain	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Karhotin/pöyhin	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Kelasiippuri	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Tarkkuussiippuri	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Noukinvaunu	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Kovapaalain	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Pyöröpaalain	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Silppuava pyöröpaalain	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Kantipaalain (suurpaalain)	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Leikkuupuimuri	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Paalinkuljetusperävaunu	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Varastointiin sopivat rakennukset	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Latokuivuri	_____	_____	_____	1 2 3 4 5
Muu, mikä _____	_____	_____	_____	1 2 3 4 5

Onko tilallanne paalien maantiekuljetukseen soveltuvaa urakointikelpoista kalustoa? kyllä   
ei

Minkälaista

\_\_\_\_\_

## B. KUITUHEINÄN TUOTANTO

### III Kiinnostus

7. Monellako hehtaarilla olisitte kiinnostunut tuottamaan heinää myyntitarkoituksiin, jos markkinoita olisi, ja tuotteen hinta olisi tyydyttävä? \_\_\_\_\_ ha

8. Miten olisitte kiinnostunut myymään heinän?

Pystyyn  Karholta niiton jälkeen   
Maatilan varastosta paaleina  Käyttöpaikalle toimitettuna

9. Kuinka kiinnostuneita olette tuottamaan kuituheinää alla esitetyissä tilanteissa, jos kuituheinän tuottajahinta tilalla paalit välivarastoon kasattuna on 40 p/kuiva-ainekilo (ilman ALV)? Arvioikaa **kiinnostuksenne** asteikolla 1–5; 1=ei kiinnosta lainkaan, 5=erittäin kiinnostava. Esimerkki kuituheinän (ruokohelpi) ja rehuohran katetuottolaskelmista sekä kuvaus ruokohelpin viljelytekniikasta on esitetty saatekirjeen yhteydessä. Tuottajahinta 40 p/kg vastaa 5500 kilon kuiva-ainesadolla 2200 mk:n brutto-tuottoa hehtaarilta (huomioikaa myös tukimarkat).

	Ympyröi sopivin vaihtoehto				
Kuituheinän viljely kesannolla (ns. non-food kesantokasvina)	1	2	3	4	5
Kuituheinän viljely kesannon ulkopuolella, esim. rehuviljan sijasta	1	2	3	4	5

10. **Mihin** hintaan olisitte valmis myymään kuituheinää pitkäaikaisella toimitussopimuksella (yli 4 v.)?

Pystykasvustosta	_____ p/kg kuiva-ainetta	tai	_____ mk/ha
Karholta niiton jälkeen	_____ p/kg kuiva-ainetta	tai	_____ mk/ha
Paaleina tilalta välivarastoon kasattuna	_____ p/kg kuiva-ainetta	tai	_____ mk/ha

### IV Kuituheinän välivarastointi

11. Jos joutuisitte varastoimaan kuituheinää (paaleissa), miten hoitaisitte varastoinnin?

En ole halukas varastoimaan	<input type="checkbox"/>	
Ulkona pressulla tai muovilla katettuna	<input type="checkbox"/>	
Katoksessa	<input type="checkbox"/>	_____ m <sup>2</sup>
Rakennuksessa	<input type="checkbox"/>	_____ m <sup>2</sup>

### V Kuituheinän korjuun järjestäminen

12. Ruokohelpin **kevätkorjuu** ajoittuu useimpina vuosina toukokuun alkupuoliskolle. Arvioikaa omia mahdollisuuksianne osallistua korjuutöihin kyseisenä aikana asteikolla 1-5; 1=ei sovi lainkaan, 5=sopii erittäin hyvin. Ympyröikää sopivin vaihtoehto:

Omien ruokohelpilohkojen niitto	1	2	3	4	5
Urakointi niittokoneella muille viljelijöille	1	2	3	4	5
Omien ruokohelpilohkojen paalaus	1	2	3	4	5
Urakointi paalaus koneella muille viljelijöille	1	2	3	4	5
Tehdaskuljetusten järjestämiseen	1	2	3	4	5

13. Löytyykö lähialueeltanne urakointipalveluja kevätkorjuun aikana? 1=ei lainkaan, 5=aivan varmasti

Heinälohkojen niittoon	1	2	3	4	5
Heinälohkojen paalaukseen	1	2	3	4	5
Tehdaskuljetusten järjestämiseen	1	2	3	4	5

## C. OLJEN TUOTANTO

### VI Oljen nykyinen käyttö

14. Kuinka paljon korjaatte olkisatoa vuosittain? ei yhtään  tai \_\_\_\_\_ ha \_\_\_\_\_ tonnia

15. Miten hyödynnätte korjatun olkisadon?

- Eläinten kuivikkeena   
Polttoaineena   
Muu oma käyttö  Mikä \_\_\_\_\_  
Myydään  Mihin käyttöön \_\_\_\_\_

### VII Kiinnostus

16. Moneltako hehtaarilta olisitte kiinnostunut myymään viljan olkisadon, jos markkinoita olisi, ja tuotteen hinta olisi tyydyttävä? \_\_\_\_\_ ha

17. Miten olisitte kiinnostunut myymään oljen?

- Karholta puinnin jälkeen   
Maatilan varastosta paaleina   
Maatilan varastosta irtotavarana   
Käyttöpaikalle toimitettuna

18. Tuotettaessa olkea ja heinää energiatarkoituksiin asettaa turve käytännössä rajahinnan. Kun kuljetuskustannukset vähennetään, voisi oljen ja heinän tilahinta tavara välivarastoon kasattuna olla n. 15 p/kuiva-ainekilo. Kuinka kiinnostuneita olette tuottamaan olkea ja heinää tällä hinnalla? Arvioikaa **kiinnostuksenne** asteikolla 1-5; 1=ei kiinnosta lainkaan, 5=erittäin kiinnostava. Oljen sadoksi voidaan arvioida n. 2000 kiloa kuiva-ainetta hehtaarilta, jolloin bruttotuotoksi tulisi 300 mk hehtaarilta. Heinän sadolla 5500 kg ka/ha tulisi bruttotuotoksi 825 mk hehtaarilta.

Olki energiatarkoituksiin, hinta 15 p/kg kuiva-ainetta	1	2	3	4	5
Heinä energiatarkoituksiin, hinta 15 p/kg kuiva-ainetta	1	2	3	4	5

19. Millä hinnalla olisitte valmis myymään olkea, jos toimitussopimus olisi pitkäaikainen?

Leikkuupuimurin karholta	_____ p/kg kuiva-ainetta	tai	_____ mk/ha
Irto-olkena välivarastoon kasattuna	_____ p/kg kuiva-ainetta	tai	_____ mk/ha
Paaleina tilalta välivarastoon kasattuna	_____ p/kg kuiva-ainetta	tai	_____ mk/ha

### VIII Oljen korjuun järjestäminen

20. Arvioikaa omia mahdollisuuksianne ja halujanne osallistua oljen paalaustöihin viljankorjuun aikaan asteikolla 1-5; 1=ei sovi lainkaan, 5=sopii erittäin hyvin.

Omien (tai osan niistä) lohkojen paalaus	1	2	3	4	5
Urakointi paalauskoneella muille viljelijöille	1	2	3	4	5
Tehdaskuljetusten järjestämiseen	1	2	3	4	5

21. Löytyykö lähialueeltanne urakointipalveluja viljankorjuun aikana? 1=ei lainkaan, 5=aivan varmasti

Oljen paalaukseen	1	2	3	4	5
Tehdaskuljetusten järjestämiseen	1	2	3	4	5

**Muut kommentit liittyen tähän kyselyyn tai heinän ja oljen tuotantoon yleensä**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Kaikille vastanneille lähetetään TEHO- lehden vuosikerta kiitokseksi yhteistyöstä. Mikäli haluatte liittyä TEHO- lehden lukijakuntaan, olkaa hyvä ja merkitkää yhteystietonne alla oleville riveille.**

Kiitos yhteistyöstä ja hyvää jatkoa !

Viljelijän nimi \_\_\_\_\_ Puhelin \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_  
Lähiosoite \_\_\_\_\_ Postitoimipaikka \_\_\_\_\_



LIITE 13

Viljelijäkyselyyn vastanneiden tilojen peltoalaluokat, tuotantosuunnat ja tilan ulkopuolinen työ sekä vastanneiden ikäjakauma.

**Tilojen peltoalat**

	Kuusankoski	Alue Imatra	Äänekoski
Vastanneista, %			
- 19,99 ha	21	36	29
20,00-29,99 ha	32	35	38
30,00-39,99 ha	21	15	18
40,00-49,99 ha	11	5	9
50,00- ha	16	9	6
Vastanneita, kpl	379	171	195
Keskiarvo, ha	35,3	27,3	28,5

**Tuotantosuunnat ja tilan ulkopuolinen työ**

	Kuusankoski	Alue Imatra	Äänekoski
Vastanneista, %			
Viljanviljely	55	37	26
Lypsykarja	35	43	44
Naudanliha	19	27	32
Sianliha	5	5	6
Porsas	4	4	5
Muu	10	16	15
Vastanneita, kpl	368	164	185
Muu yritys, kpl	27	19	22
Ulkopuolinen työ, kpl			
Isäntä	59	29	24
Emäntä	62	38	40
Isäntä tai emäntä	81	43	42
Isäntä ja emäntä	20	12	11

**Ikäjakauma**

	Kuusankoski	Alue Imatra	Äänekoski
Vastanneista, %			
-29 v	8	10	6
30-39 v	26	23	27
40-49 v	29	39	37
50-59 v	24	19	22
60- v	12	10	8
Vastanneita, kpl	370	168	192
Keskiarvo, v	45,3	44,1	44,5

Viljelijäkyselyyn vastanneiden tilojen pellon käytön erittely vuonna 1995.

	Kuusankoski				Imatra				Äänekoski			
	ha/tila	kpl	ha	%	ha/tila	kpl	ha	%	ha/tila	kpl	ha	%
<b>Viljelyssä</b>												
Vilja- öljy- ja palkokasvit	23,1	364	8401	63	14,7	163	2398	51	14,5	181	2619	47
Nurmikasvit	12,9	234	3026	23	12,8	120	1534	33	14,6	152	2213	40
Kesanto	7,5	197	1482	11	5,5	83	459	10	6,7	83	555	10
Muu	3,1	51	159	1	3,4	48	162	3	3,0	41	122	2
<b>Myydään</b>												
Heinää	4,4	61	266	2	5,1	25	127	3	5,1	35	180	3
Viljaa	23,8	222	5293	40	14,6	80	1171	25	17,2	61	1049	19

LIITE 15

Viljelijäkyselyyn vastanneiden tilojen koneiden lukumäärät. Koneiden kuntoarviota kysyttiin visiportaisella asteikolla (5 = erittäin hyvä, 1 = erittäin heikko). Iän mukaan koneet jaettiin kolmeen ryhmään: korkeintaan 10, 10-15 ja yli 15 vuotta vanhat koneet.

Kone	lkm	Tiloja	Kuntoarvio					yht.	Ikä			yht.
			1	2	3	4	5		-10	10-15	15-	
<b>Kuusankoski</b>												
Lautasniittokone	164,6	165	6	17	60	59	21	163	118	19	10	147
Lieriöniittokone	43,5	44	0	11	20	11	2	44	22	13	4	39
Niittomurskain	35	36	1	4	7	9	14	35	27	1	5	33
Karhotin/pöyhin	266	239	9	32	106	49	35	231	140	47	24	211
Kelasilppuri	169	166	14	48	66	26	7	161	72	42	27	141
Tarkkuussilppuri	17	17	0	2	3	5	6	16	14	1	1	16
Noukinvaunu	3	3	0	1	1	0	0	2	2	0	0	2
Kovapaalain	149,8	151	5	28	46	57	10	146	49	42	40	131
Pyöröpaalain	51	52	2	1	8	25	15	51	36	11	1	48
Silppuva pyöröpaalain	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kanttipaalain (suurpaalain)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leikkuupuimuri	248	243	4	33	82	91	19	229	77	39	99	215
Paalinkuljetusperävaunu	170	88	1	6	29	23	18	77	45	6	6	57
Varastointiin sop. rakennukset	291	163	3	19	53	40	20	135	25	6	50	81
Latokuivuri	39	37	1	4	9	6	11	31	25	3	2	30
<b>Imatra</b>												
Lautasniittokone	96	96	1	8	24	43	16	92	76	7	5	88
Lieriöniittokone	15,5	16	0	4	6	4	1	15	6	5	2	13
Niittomurskain	11,7	13	0	1	4	2	6	13	11	2	0	13
Karhotin/pöyhin	110,5	103	4	9	41	29	13	96	71	16	7	94
Kelasilppuri	94	88	6	15	39	15	7	82	52	18	11	81
Tarkkuussilppuri	6,5	7	1	0	1	3	2	7	7	0	0	7
Noukinvaunu	2	2	0	0	1	0	0	1	1	1	0	2
Kovapaalain	73,5	74	0	7	33	23	9	72	36	17	13	66
Pyöröpaalain	27,75	27	1	0	6	8	11	26	23	4	0	27
Silppuva pyöröpaalain	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
Kanttipaalain (suurpaalain)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leikkuupuimuri	115,5	115	1	23	49	25	13	111	31	25	49	105
Paalinkuljetusperävaunu	71	41	1	4	7	16	9	37	25	3	1	29
Varastointiin sop. rakennukset	152	70	2	8	15	18	9	52	18	1	22	41
Latokuivuri	21	20	1	2	4	4	7	18	13	4	0	17
<b>Äänekoski</b>												
Lautasniittokone	76	75	0	7	19	38	9	73	69	5	0	74
Lieriöniittokone	29	29	1	1	13	10	1	26	21	5	0	26
Niittomurskain	19	19	0	2	3	8	6	19	15	2	0	17
Karhotin/pöyhin	135	127	4	16	35	51	16	122	95	15	9	119
Kelasilppuri	120	115	2	34	40	25	7	108	74	19	13	106
Tarkkuussilppuri	16	16	0	1	4	5	6	16	14	0	1	15
Noukinvaunu	5	5	0	0	1	3	1	5	3	1	0	4
Kovapaalain	62,5	63	1	6	16	22	14	59	42	14	2	58
Pyöröpaalain	11,25	12	0	1	2	5	4	12	11	0	1	12
Silppuva pyöröpaalain	2	2	0	0	0	0	2	2	1	0	0	1
Kanttipaalain (suurpaalain)	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Leikkuupuimuri	103,5	104	3	14	33	33	13	96	28	17	48	93
Paalinkuljetusperävaunu	72	43	0	3	13	12	8	36	23	6	3	32
Varastointiin sop. rakennukset	178	90	1	6	25	29	13	74	22	5	34	61
Latokuivuri	44	41	0	3	6	13	11	33	27	3	1	31

## Käytännön kokemuksia puintikokeista Viikistä syksyllä 1993 ja 1994

Ruokohelven siemenhuoltoa on tarkemmin käsitelty tutkimusprojektin kasvintuotanto-osuudessa. Tässä yhteydessä esitetään muutamia havaintoja lähinnä puinnin onnistumisesta Viikissä, saaduista sadoista että tuotettujen siementen itävyydestä määriteltynä Jacobsenin altaassa.

Syksyllä 1993 Viikissä puitiin kenttäkokeiden aloituksen yhteydessä ruokohelven siementä koeruujujen päistä noin 17 aarin alalta. Puimuri säädettiin timotein puinnille sopivaksi, tosin käytetty puhallus oli huomattavasti alhaisempi, jolloin tankkiin saatu siemen oli varsin roskaista. Puinnin ajoitus ei ollut optimaalinen, sillä osa siemenistä oli jo varissut. Puitu siemenenä kuivattiin lämpimässä konehallissa pressun päällä kolmen vuorokauden ajan.

Lajittelematonta siementä saatiin 24 kg. Siemenet lajiteltiin keväällä 1994 Jokioisissa. Lajitteluhäviö oli vajaat 10 kg. Lajiteltua siementä saatiin 14,4 kg. Hehtaarisato oli siten noin 85 kg. Lajitellun Venture-lajikkeen siemenen itävyys oli 66 prosenttia.

Samalla Lösvallan koekentällä vuoden 1995 kevätkorjuuta varten syksyllä 1994 tehtyjen valmistelujen yhteydessä ruokohelven siementä puitiin jälleen noin 13 aarin alalta. Puinnin ajoitus oli edelliskertaa parempi, sillä suurin osa siemenistä oli vielä kiinni röyhyissä. Edelliseen puintikertaan verrattuna sääolosuhteet olivat kuitenkin huonommat. Käytetty puimuri oli edellisvuonna käytettyä pienempi, mistä johtuen leikkuukorkeus jäi edellisvuotta alhaisemmaksi. Tästä syystä irtipuintia hankaloitti kasvuston vihreys. Siemenessä olleet vihreät korrenkappaleet venyttivät lämpimän konehallin lattialla olleen materiaalin kuivumisajan neljän vuorokauden mittaiseksi. Kuivumisen jälkeen siemenestä poistettiin pääosa roskista seulomalla se puimurin irtoseulalla.

Lajittelematonta siementä saatiin 25 kg. Lajitteluhäviö oli noin 9 kg, joten Venture -lajikkeesta saatiin 16 kg 50 %-sti itävää siementä. Itävyys oli siten edellisvuotta alhaisemmalla tasolla. Hehtaarisadoksi muodostui noin 123 kg, mikä oli huomattavasti edellisvuotta parempi. Ilmeisesti puinnin ajoitus onnistui paremmin ja kompensoi myös osittain huonommat korjuuolosuhteet ja -tekniikan.

Mikkola, H. & Aho, J. 1995. Ruokohelven leikkuupuinti ja sadon puhdistus. MTT VAKOLA. Kirjallinen tiedonanto.

### Puintiajankohta

Puintiajankohdan määrittäminen on hankalaa, koska siemenet valmistuivat eriaikaisesti. Ensimmäisenä valmistuvat röhyn yläpäässä olevat siemenet ja viimeksi alapäässä olevat siemenet. Paras puintiaika lienee silloin, kun röhyn yläpäässä olevat siemenet alkavat varista. Kasvustoa ja säätä on seurattava päivittäin, koska aika tuleentumisesta varisemiseen on lyhyt. Rankka sade tai kova tuuli saattaa varistaa suuren osan tuleentuneista siemenistä maahan, jos puinti myöhästyy. Oletettavasti puintitappiot ovat aina suuremmat kuin esimerkiksi viljan puinnissa.

### Puintisäädöt

Ruokohelven siementen korjuuta leikkuupuimurilla kokeiltiin MTT VAKOLAssa alustavasti 3. ja 4.8.1995. Puimurina oli Sampo 690. Ruokohelvelle ei ole annettu ohjeellisia puintisäätöjä ja siksi kokeiltiin lähinnä vastaavalle kasville eli timoteille suositeltuja säätöjä:

- puintikelan kierrosluku 900 r/min
- puintiväli edessä/takana 12/6 mm
- ruumenseula kiinni
- ruumenseulan jatke 5 mm auki
- 5 mm siemenseula
- puhallin 650 r/min, suunta 0, luukku auki

### Puinti

Puintisää 3.-4.8.1995 oli erinomainen - aurinkoinen, tuulinen ja suorastaan kuuma. Siemenet olivat varisseet yli röhyn puolivälin eli paras puintiajankohta oli jo ohitettu. Kasvusto oli suurimmaksi osaksi erittäin harvaa, röhynjy oli siellä täällä. Puimuria ei pystynyt kuormittamaan siinä määrin, mitä yleensä pidetään pienten puintitappioiden ja puhtaan puintituloksen kannalta tarpeellisena. Puitavan alueen pienen koon ja epämuotoisuuden vuoksi roskaisuutta lisääviä puintikatkoksia oli runsaasti.

Kasvusto oli normaalia lyhyempää, koska ruokohelpeä ei oltu lannoitettu keväällä lainkaan. Myös keskikesän kuivuus oli heikentänyt kasvua. Puimurin leikkuupöytää pidettiin puitaessa ylimmässä asennossaan, koska puimuriin haluttiin ottaa vain korsien päät ja välttää vihreiden kasvin osien joutumista puintikoneistoon. Terä oli tällöin noin 100 cm korkeudella maasta. Korsia kerääntyi muutaman kerran syöttöruuvien ja syöttökuljettimen väliin. Haitta lienee poistettavissa säätöjä muuttamalla. Muuten puinti sujui ongelmitta.

Kelan ja varstasillan säädöt olivat ilmeisesti lähellä oikeaa, koska siemen irtoaa helposti ja turhaa korsien murskaamista kannattaa välttää. Puintiväli voisi olla ehkä vieläkin suurempi. Liian rajua, siemeniä vahingoittavaa puintia on yritettävä välttää. Seulastolta on otettava talteen lähes kaikki sinne tuleva tavara pisimpiä korren pätkiä lukuun ottamatta. Siemenen kokoista ja painoista roskaa on niin paljon, että erottelu puinnin yhteydessä ei onnistu. Ruumenseulan säätäminen kokonaan kiinni lisäsi todennäköisesti rajaisten määrää ja pienensi erottelukapasiteettia. Kannattaisi ainakin kokeilla säätää ruumenseulaa auki ja lisätä samalla puhallusta.

Puimuri oli varustettu lisävarusteena saatavalla rajaisten puintilaitteella, jonka vaikutusta puintitulokseen on vaikea arvioida. Se on saattanut murskata rajaisten mukana kulkevia korren pätkiä mutta toisaalta se on voinut tehostaa tähkissä vielä kiinni olevien siementen irtoamista.

Säiliöön tuleva tavara oli erittäin roskaista. Säiliö ei tyhjentynyt normaalisti, vaan tyhjennystä oli autettava harjalla tökkimällä. Toisena puintipäivänä lietson pyörimisnopeutta lisättiin ja puitu tavara oli edelleen roskaista, mutta silmämääräisesti tarkasteltuna puhtaampaa kuin ensimmäisenä päivänä. Puinnin jälkeen todettiin, että varstasillan ja heittokuljettimen väliin oli kerääntynyt korren pätkiä, jotka lähtivät pois kepillä työntämällä.

### Sadon käsittely

Puitu tavara säkitettiin paperisäkkeihin odottamaan lajittelua. Sitä ei kuivattu lainkaan. Roskaisen ja kevyen tavaran siirtäminen ruuvikuljettimella tai elevaattorilla ei olisi ilmeisesti onnistunut ilman edeltävää käsittelyä. Ellei puintisäätöjä muuttamalla saada puhtaampaa tavaraa, tavaran siirtoon ja kuivaukseen tarvitaan erikoisvälineitä. Kuivaukseen soveltuu parhaiten kylmäilmakuivuri, jonka pohjalle on asetettu harso estämään siementen varisemista reikäpellin alle. Tavara on voitava siirtää kuivuriin ja sieltä pois lapiolla, kuormaimella tai muulla tavalla, joka ei edellytä tavaran siirtämistä painovoiman avulla juoksuttamalla.

Raakatavarassa on runsaasti korren pätkiä ja helpeitä. Siemenet irtoavat hyvin helpeistä, eikä hankaus ole siksi tarpeellista. Puhdistaminen aloitettiin poistamalla pisimmät korren pätkät käsin. Erän pienuuden vuoksi ei kannattanut käyttää seulaa.

Seuraavaksi erotettiin seulalajittelijalla siementä selvästi suuremmat ja pienemmät roskat. Sopiva yläseula oli 1,25 mm tai 1,50 mm rakoseula. Keskimmäisenä oli 1,4 mm reikäseula (pyöreät reiät) ja alimmaisena 0,8 mm reikäseula. Keskimmäinen seula oli sikäli tarpeeton, että talteen otettiin keskimmäisen ja alimman seulan päälle jäänyt tavara. Puhdistusta jatkettiin Fortschritt-nousuilmaerottelijalla, joilla erotettiin siemenen kokoiset mutta niitä kevyemmät roskat. Tuulen voimakkuus on säädettävä huolellisesti ja erottelua on koko ajan seurattava. Käytetty tuulen nopeus oli 1,25–1,75 m/s. Lopuksi tavara lajiteltiin seulalajittelijalla, jossa oli 1,9 mm yläseula, 1,4 mm keskiseula ja 0,8 mm alaseula. Kaikissa seuloissa oli pyöreät reiät. Keskimmäisen seulan päältä saatiin normaalikokoiset siemenet, ja alaseulalta pienet siemenet. Täryttimeä käytettiin hidasti lajittelua ja suurensi lajittelutappiota.

### Siemenen itävyys

Siemenen itävyys oli 45–53 % ennen kylmäkäsittelyä. Kylmäkäsittelyn oletettiin parantavan itävyyttä. Kolmen viikon säilytys pakastimessa tai jääkaapissa alensi itävyyttä 20 %-yksikköä. Syytä päinvastaiseen tulokseen ei tiedetä.

## Käytännön kokemuksia nurmen perustamisesta Viikissä syksyllä 1994.

Nurmen perustamismenetelmiä ja perustamista on tarkemmin käsitelty tutkimusprojektin kasvintuotanto-osuudessa. Tässä yhteydessä kuvataan yksittäisen, suurehkon koealan perustamisessa esiintulleita, lähinnä teknisiä, seikkoja.

Vuoden 1994 syksyllä Viikkiin perustettiin 1,05 hehtaarin suuruinen koeala Ilmolan lohkolle vuonna 1993 Lösvallasta puidulla Venture-lajikkeen siemenellä. Koeala kylvettiin syyskuun ensimmäisinä päivinä. Koeala kynnettiin kaksi päivää ennen kylvöä. Päivä ennen kylvöä koeala jyrättiin kertaalleen ja välittömästi kylvön jälkeen jyräys tehtiin uudestaan. Jyräämisestä huolimatta kylvettäessä maa oli erittäin kuohkeata, mikä osittain vaikeutti siementen kylvöä riittävän matalaan. Ruokohelven kylväminen onnistui kuitenkin varsin hyvin tavallisella kylvölannoittimella, joskin ongelmia aiheutui kiertokokeen ja käytännön kylvötyön vastaamattomuudesta. Paikallaan tehty kiertokoe antoi huomattavasti alhaisemman siemenmenekin kuin varsinainen kylvö, joten siemen loppui hieman ennen kuin suunniteltu koeala saatiin kylvettyä.

Perustettu nurmi ei ehtinyt vahvistua riittävästi ennen talvea ja koealaa tuhoutui talven aikana, koska osa pellostä joutui veden alle. Muutoinkaan ruokohelpi ei kyennyt kilpailemaan varsin tiheään saunakukka -kasvuston kanssa. Keväällä 1995 kasvustoa ei lannoitettu, mikä osoittautui virheeksi, sillä jotta voimakaskasvuinen ruokohelpi olisi kunnolla kyennyt kilpailemaan saunakukan kanssa, sillä olisi pitänyt olla riittävästi ravinteita käytettävissä (Olsson 1995).

Lannoitus vuodelle 1995 tehtiin vasta heinäkuun ensimmäisellä viikolla. Ennen lannoitusta kasvusto niitettiin siten, että ainoastaan saunakukat katkottiin ja ruokohelpi pyrittiin jättämään koskemattomaksi. Kolmen viikon kuluttua lannoituksesta saunakukat niitettiin toistamiseen. Syyskuun alussa ruokohelpikasvusto oli silmännähden vahvistunut ja lopullinen perustuminen selviää kesän 1996 aikana.

## Tutkimuksessa tuotetut julkaisut

- Hemming, M.** 1993. Kuitukasvien korjuutekniikka -esitutkimus. In: Suomalaisen elintarviketuotannon kilpailukyky. Agro-food '93, Tampere, Finland. Posterinäyttely. B9. 1 p. ISBN 951-808-010-0
- Hemming, M.** 1993. Pelloilta paperia - heinäkasvien uusi rooli. Teho 5: 9–11.
- Hemming, M.** 1995. Spring harvest of reed canary grass (*Phalaris arundinacea*). In: Chartier, Ph., Beenackers, A.A.C.M & Grassi, G. (eds.) Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry. Proceedings of the 8th European Biomass Conference. Vol. 1: 708–711. ISBN 0 08 042135 0
- Hemming, M., Järvenpää, M. & Maunu, T.** 1994. On-farm handling techniques for reed canary grass to be used as a raw material in the pulp industry. In: Non-food fibres for industry. Pira International / Silsoe Research Institute Joint Conference. 23–24 March 1994. Vol 1. Paper 12. 11 p.
- Hemming, M. & Pehkonen, A.** 1994. Peltobiomassojen korjuutekniikat. In: Peltobiomassat energian tuotannossa -seminaari. Maatalouden tutkimuskeskus. 14.–15. kesäkuuta 1994. 12 p.
- Hemming, M. & Pehkonen, A.** 1994. Agrosellun tuotanto - pelloilta paperia. In: Aulanko, M. (ed.) Kodin teknologiaa ja maatalousteknologiaa 25 vuotta. Juhlaseminaari 25.8.1994. Helsinki: Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalousteknologian laitos. Maatalousteknologian julkaisuja 17: 61–68. (ISSN 1235-3957) ISBN 951-45-6860-5
- Hemming, M. & Pehkonen, A.** 1995. Peltobiomassojen korjuuseen ja fraktiointiin uutta tekniikkaa? In: Tieto turvaa tulevaisuuden. Agro-food '95, Tampere 13.-15.11.1995. A79. 1 p. ISBN 951-808-036-4
- Hemming, M. & Vanhala, I.** 1994. Ruokohelpin (*Phalaris arundinacea*) kevätkorjuu. In: Huomisen eväät. Agro-food '94, Tampere 15.–17.11.1994. Posterinäyttely. B43. 1 p. ISBN 951-808-027-5
- Järvenpää, M. & Maunu, T.** 1994. Kuitu- ja energiakasvien tuotantotekniikka ja tuotannon talous maataloilla. In: Huomisen eväät. Agro-food '94, Tampere 15.-17.11.1994. Posterinäyttely. B44. 1 p. ISBN 951-808-027-5
- Maunu, T. & Järvenpää, M.** 1995. Ruokohelven tuotantokustannus ja korjuuvarmuus. Työtehoseuran maataloustiedote 455. 6 p. ISSN 0782-6788.
- Maunu, T. & Järvenpää, M.** 1995. Ruokohelven tuotantokustannus ja korjuuvarmuus. Teho 2: 7–9.
- Maunu, T. & Järvenpää, M.** 1995. Peltobiomassojen kilpailukyky energian ja kuidun tuotannossa. In: Tieto turvaa tulevaisuuden. Agro-food '95, Tampere 13.–15.11.1995. A80. 1 p. ISBN 951-808-036-4
- Paavilainen, L. & Hemming, M.** 1995. Production and processing of Reed Canary grass (*Phalaris arundinacea*) for pulp and paper. In: The 8th international symposium on wood and pulping chemistry. June 6-9, 1995. Helsinki, Finland. Vol. II: 437–442. ISBN 952-90-6480-2
- Pehkonen, A & Hemming, M.** 1993. Produktionspotential och marknadsmöjligheter av nya produkter - Energin ger volymen. In: Teknik för uthålligt lantbruk. NJF-TEKNIK-93, Uppsala, Sverige 11.–12.11.1993. 1–1. 4 p.



31600 JOKIOINEN

Julkaisun sarja ja numero  
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.  
Sarja A 4

Julkaisuaika (kk ja vuosi)  
Toukokuu 1996

Tekijä(t)

Mika Hemming, Tarmo Maunu,  
Antti Suokannas, Markku Järvenpää ja  
Aarne Pehkonen

Tutkimushankkeen nimi  
Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa

Toimeksiantaja(t)  
Maatalouden tutkimuskeskus

Nimike

Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa, Tutkimuksen loppuraportti, II osa  
Ruokohelven korjuu, varastointi ja mekaaninen esikäsittely sekä tuotantokustannukset ja saatavuus

Tiivistelmä

Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa -tutkimushankkeen maatalousteknologisessa osatutkimuksessa selvitettiin heinäkasvien, etenkin ruokohelven, korjuuseen, varastointiin ja mekaaniseen jakeistamiseen soveltuvaa tekniikkaa. Perinteisten, jo vakiintuneiden, maataloudessa laajassa käytössä olevien korjuumenetelmien soveltuvuus kevätkorjuuseen oli keskeinen tutkimuskohde. Mekaanisen esikäsittelyn osalta kyseessä oli kehitystyö. Jakeistamisen vaikutukset kustannuksiin selvitettiin alustavassa laskelmassa. Tuotantokustannuslaskelmat kattoivat koko alkutuotannon nurmien perustamisesta tehtaan portille. Saatavuus selvitettiin laajalla viljelijöille lähetetyllä kyselyllä.

Kivennäispitoisuudeltaan ja keittävyydeltään kevätkorjattu ruokohelpi on kasvuston vanhetessa selvästi parempaa raaka-ainetta kuin syyskorjattu. Tehtyjen seosarkkien perusteella kevätkorjatusta kasvimateriaalista on poistettava lehdet, jotta saavutetaan koivusellusta tehtyjen arkkien ominaisuudet ilmanläpäisevyydessä ja suotaautuvuudessa.

Tehdyn tutkimuksen perusteella laadukkaan raaka-aineen tuottaminen teollisuuden tarpeisiin onnistuu nykyisin käytössä olevilla menetelmillä, mikäli niitä käytettäessä kiinnitetään huomiota kasvuston korjuukosteuteen ja varastointioloihin. Hyvissä olosuhteissa korjuutappiot jäävät 15 prosenttiin, mikä tarkoittaa noin 6 000 kg kuiva-ainesatoa hehtaarilta hyvästä kasvustosta. Paalattu materiaali on varastoitavissa noin 2 % tappioiden laadultaan käyttökelpoisena yksinkertaisissa ja edullisissa, peitetyissä ulkoauimoissa.

Taloudelliselta kannalta ruokohelven tuotanto on kilpailukykyinen vaihtoehto rehuohralle, mikäli ruokohelvestä saadaan noin 40 p/kg tehtaalle toimitettuna. Kyseinen hinta kattaa muuttuvat kustannukset, työkustannukset, koneiden kiinteät kustannukset ja kuljetuksen sekä osittain maapohjan tuottovaatimuksen. Tehdyn viljelijäkyselyn perusteella voidaan olettaa mahdollisten jalostuspaikkojen ympäriltä myös löytyvän riittävästi peltoalaa jatkuvan raaka-ainehuollon varmistamiseen. Tuotannon laajentumiselle käytännön mittakaavaan ei siten ole teknisiä tai taloudellisia esteitä maatalousteknologisesta näkökulmasta.

Avainsanat

vaihtoehtotuotanto, ruokohelpi, ruokonata, korjuuteknikka, paalaus, työnmenekki

Toimintayksikkö

Maa- ja kotitalousteknologinen laitos, Pl 27, 00014 Helsingin yliopisto

ISSN

1238-9935

ISBN

951-729-467-0

 Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

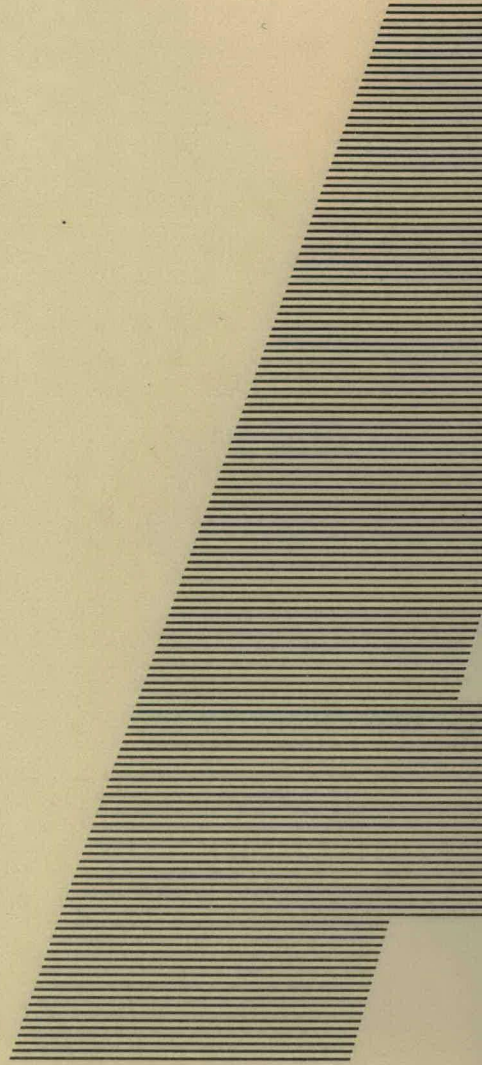
Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN  
Puh. (916) 41 881  
Telekopio (916) 4188 339

Sivuja

98 s. + 19 liitettä

Hinta

70 mk + alv



Jokioinen 1996  
ISBN 951-729-467-0  
ISSN 1238-9935