

# Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla

Pasi Suomi, Timo Lötjönen, Hannu Mikkola,  
Anna-Maija Kirkkari ja Reetta Palva



Maa- ja elintarviketalous 31  
100 s., 1 liite

# **Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla**

Pasi Suomi, Timo Lötjönen, Hannu Mikkola,  
Anna-Maija Kirkkari ja Reetta Palva

ISBN 951-729-797-1(Painettu)  
ISBN 951-729-798-X (Verkkajulkaisu)  
ISSN 1458-5073 (Painettu)  
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)

[www.mtt.fi/met](http://www.mtt.fi/met)

Copyright

MTT

Pasi Suomi, Timo Lötjönen, Hannu Mikkola,

Anna-Maija Kirkkari ja Reetta Palva

Julkaisija ja kustantaja

MTT

Jakelu ja myynti

MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola), 03400 Vihti

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

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

Julkaisuvuosi

2003

Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupanro 131/MYY/03

Kannen kuva: Timo Lötjönen

Painopaikka

Data Com Finland Oy

# Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla

Pasi Suomi<sup>1)</sup>, Timo Lötjönen<sup>1)</sup>, Hannu Mikkola<sup>1)</sup>, Anna-Maija Kirkkari<sup>2)</sup> ja Reetta Palva<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) maatalousteknologian tutkimus (Vakola), Vakolantie 55, 03400 Vihti, [pasi.suomi@mtt.fi](mailto:pasi.suomi@mtt.fi), [timo.lotjonen@mtt.fi](mailto:timo.lotjonen@mtt.fi), [hannu.j.mikkola@mtt.fi](mailto:hannu.j.mikkola@mtt.fi)

<sup>2)</sup>Työtehoseura (TTS), PL 13, Kiljavantie 6, 05201 Rajamäki, [anna-maija.kirkkari@tts.fi](mailto:anna-maija.kirkkari@tts.fi), [reetta.palva@tts.fi](mailto:reetta.palva@tts.fi)

## Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin, miten viljankorjuun kustannuksia on mahdollista alentaa. ”Viljasadon korjuu ja varastointi” –tutkimuksessa tehtyä tietokone-laskentamallia kehitettiin edelleen siten, että mallissa voidaan nyt käyttää oikeaa, tilakohtaista tilustietoa, joka ottaa huomioon lohkojen etäisyyden ja koon keskiarvotietojen sijasta. Malli soveltuu erityisesti tilakohtaiseen korjuu- ja varastointiketjun optimointiin. Se ottaa huomioon myös korjuun viivästymisestä aiheutuvat laatu- ja määrätappiot.

Mallilla tehtyjen simulointien mukaan lohkojen sijainti etäällä talouskeskuksesta ja lohkojen pieni koko lisäävät vain vähän korjuun muuttuvia kustannuksia. On siis perusteltua hankkia viljelykseen kaukanakin olevia peltolohkoja, jotta olemassa oleva korjuukapasiteetti voidaan hyödyntää tarkasti. Lähes yhtä alhaisiin kustannuksiin päästään, jos pienet tilat verkottuvat ja työt hoidetaan yhteisillä koneilla. Viljan kuivaaminen keskitetysti suuritehoisessa teollisuuskuivurissa on edullista pienille ja keskisuurille tiloille.

Kuivaamon suunnitteluvaiheessa voidaan säästää jopa 35% kuivaamon hankintamenoista rakenneosia karsimalla. Seinät ja katto voidaan jättää joissakin tapauksissa pois, ja varastosilojen lukumäärää voidaan vähentää. Maatilalla tehdyt kuivurimittaukset osoittivat, että viljan kuivaaminen 30 C-astetta nykyistä kuumemmalla ilmalla vähentää kuivurin polttoainekulutusta 10-15% ja lisää kuivauskapasiteettia. Kuivurin paloturvallisuus on syytä tarkastaa kunnan palotarkastajan ja vakuutusyhtiön edustajan kanssa, jos kuivauslämpötila nostetaan yli 80 C-asteen. Kuivausilman lämpötilan nostaminen voi alentaa viljan itävyyttä ja heikentää siten leipä- ja siemenviljan sekä mallassohran laatua.

Viljan tuoresäilöntä on todennäköisesti edullisin vaihtoehto, jos tilalla tuotetaan vain rehuviljaa karjan ruokintaa varten. Tuoresäilönnän yleistyminen on kuitenkin tähän saakka ollut hidasta. Jotta menetelmä yleistyisi, sen rakentamiseen tulisi myöntää vastaavia investointitukia kuin kuivureille.

---

*Asiasanat: viljankorjuu, varastointi, kustannukset, mallintainen, simulointi*

---

# Grain harvesting and storage on enlargening farm

Pasi Suomi<sup>1)</sup>, Timo Lötjönen<sup>1)</sup>, Hannu Mikkola<sup>1)</sup>, Anna-Maija Kirkkari<sup>2)</sup> ja Reetta Palva<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Agricultural Engineering Research (Vakola), Vakolantie 55, FIN-03400 Vihti, Finland, [pasi.suomi@mtt.fi](mailto:pasi.suomi@mtt.fi), [timo.lotjonen@mtt.fi](mailto:timo.lotjonen@mtt.fi), [hannu.j.mikkola@mtt.fi](mailto:hannu.j.mikkola@mtt.fi)

<sup>2)</sup>TTS-Institute, (The Work Efficiency Institute), PL 13, Kiljavantie 6, FIN-05201 Rajamäki, Finland, [anna-maija.kirkkari@tts.fi](mailto:anna-maija.kirkkari@tts.fi), [reetta.palva@tts.fi](mailto:reetta.palva@tts.fi)

## Abstract

The target of this research was to study how grain harvesting and storage costs can be decreased. An existing computer simulation program was developed further so, that the program can now utilise real farm data, for example information of field distances and field sizes. The developed model calculates also qualitative and quantitative losses, which are caused by delay of the harvest.

The simulations showed, that small size of field parcels and long distance from farm centre increases the variable costs of harvesting only by very little amount. So it is profitable also to acquire fields for cultivation quite far from the location of the farm centre to utilise the existing harvesting capacity. Nearly as low costs are achieved, if small farms create a network, where the jobs are conducted with common machines. The centralized grain drying in high performance dryer can be an economical solution for small and middle-sized farms.

The building price of grain dryer can be decreased even 35%, if some structures of the building are excluded during planning. In some cases the roof and walls can be left out and number of grain silos can be decreased. Measurements conducted on farm-scaled grain dryer showed that raising the drying air temperature by 30 °C decreases the fuel consumption by 10 – 15% and increases the capacity of the grain dryer. In Finland fire safety of grain dryers have to be checked by local fire and insurance inspectors, if the drying air temperature is raised over 80 °C. Raising the drying air temperature can decrease germination of grains and it can so debase quality of bread grain, seed grain and malt barley.

Fresh preservation of grain is probably the most economical storage method, if grains are produced only for feeding cattle. Fresh preservation has been a minor method for a long time in Finland. This method should get the same investment subsidies as grain dryers, if fresh preservation is to become a more common method.

---

*Index words: grain, harvest, storage, costs, modelling and simulation*

---

# Alkusanat

Tämä tutkimus on yksi seitsemästä tutkimuksesta, jotka toteutettiin osana Maatilatalouden kehittämisrahaston Laajenevan maatilayrityksen tutkimusohjelmaa (LATURI). Laturin osatutkimuksista viisi keskittyi selkeästi rakentamistekniikkaan tai rakentamisen talouteen ja yksi kotieläinsuojien paloturvallisuuden parantamiseen. Tämän tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli etsiä keinoja viljankorjuun kustannusten alentamiseen.

Suomalainen tapa korjata viljaa ei ole juuri muuttunut aikana, jonka Suomi on ollut Euroopan Unionin jäsen. Useimmat tilat puivat viljan omalla leikkuupuimurillaan ja kuivaavat sen omassa lämminilmakuivurissaan. Suurinta osaa viljasta käsitellään kuin se olisi mallasohraa tai siemenviljaa. Suomalainen korjuutapa on erittäin kallis. Viljan keskimääräinen tuotantokustannus on lähes kolminkertainen viljan markkinahintaan nähden. Toimintatapa on jäänne ajalta, jolloin kansallista ja jopa tilakohtaista leipäviljaomavaraisuutta pidettiin tärkeänä tavoitteena. Viljaa on pyritty käsittelemään siten, etteivät korjuu ja sen jälkeinen käsittely vaaranna viljan käyttöä kaikkein vaativimpiinkaan tarkoituksiin. Katovuosiakin on kohdattu, mutta siitä huolimatta suomalaiset ovat saaneet syödäkseen ruisleipää ja vehnäleivonnaisia, vaikkakin osa viljasta on saatettu tuoda tällöin ulkomailta.

Ajallisuuskustannus on pienentynyt viljan hinnan alentumisen takia. Tämä merkitsee pitempää korjuukautta ja ehkä joinain vuosina myös sitä, että viljaa jää ylivoimaisten sääolojen vuoksi korjaamatta. Viljaan on edelleen syytä suhtautua kunnioituksella, koska se on ihmisten tärkeä ravinnonlähde eikä sitä ole kaikille riittävästi. Kunnioitus ei saa kuitenkaan estää tarkoituksenmukaisten ja nykyistä edullisempien viljankäsittelytapojen käyttöön ottoa. Suurin osa viljasta on rehua, jota voidaan käsitellä tehokkaammin ja edullisemmin menetelmin kuin leipäviljaa. Rehuvilja voidaan myös säilöä kuivaamatta. Leipävilja, mallasohra ja siemenvilja vaativat hellävaraisempaa käsittelyä, mutta tilakohtaisesti pitää harkita, kattaako lisähinta korkeammat tuotantokustannukset.

Viljatilojen rakennekehitys on ollut hitaampaa kuin muilla päätuotantoaloilla. Yhteistoiminta ja verkottuminen yleistyvät verkkaisesti. Tässä tutkimuksessa haluammekin tuoda esiin toimintatapoja ja ajattelumalleja, joilla voitaisiin alentaa erityisesti viljankorjuun kiinteitä kustannuksia. Lääkkeet ovat periaatteessa yksinkertaisia. Kustannukset on pidettävä kurissa ja niiden jakajaksi on saatava enemmän kiloja. Koska viljan hehtaarisatojen kasvu näyttää laantuneen tai jopa pysähtyneen, kaikkea käytöstä poistuvaa konekapasiteettia ei kannata korvata uudella. Se merkitsee, että osa viljelijöistä luopuu kokonaan omasta puinti- tai kuivauskapasiteetistaan ja osa viljelijöistä tähtää jo investointia tehdessään siihen, että hankittava kapasiteetti tulee urakoinnin tai yhteiskäytön kautta täysin hyödynnettyä.

Tämän raportin kirjoittamiseen ovat osallistuneet MTT/Vakolasta Pasi Suomi, Timo Lötjönen, ja Hannu Mikkola sekä Työtehoseurasta Anna-Maija Kirkkari ja Reetta Palva. Pasi Suomi on kirjoittanut luvut 6/Viljan korjuu- ja käsittelyjärjestelmä –analysointi ja 7/Simuloinnit. Timo Lötjönen on kirjoittanut luvusta 5/Viljankuivauksen kehittäminen osat 5.3 ja 5.6 sekä luvusta 8/Johtopäätökset osat 8.1 ja 8.2. Hannu Mikkola on kirjoittanut luvun 3/Tilan laajenemisen dynamiikka, luvusta 5/Viljankuivauksen kehittäminen osan 5.1 sekä luvusta 8/Johtopäätökset osan 8.3. Anna-Maija Kirkkari on kirjoittanut luvusta 5/Viljankuivauksen kehittäminen osat 5.2 ja 5.5. Reetta Palva on kirjoittanut luvusta 5/Viljankuivauksen kehittäminen osat 5.4 ja 5.7. Agropiiskelija Heidi Kempainen teki viljan itävyysmäärittäykset osana lopputyötään (Kempainen 2002).

Tutkimusryhmä kiittää Maatilatalouden kehittämisrahastoa merkittävästä rahallisesta tuesta, joka on mahdollistanut tutkimuksen tekemisen. Lisäksi ryhmä haluaa kiittää Antti-Teollisuus Oy:tä, Botnia Grain Oy:tä, Suomen Viljava Oy:tä ja yksittäisiä viljelijöitä, jotka antoivat tilatietoja tutkijaryhmän käyttöön. Ryhmä kiittää myös tutkimuksen valvojakuntaa, joka on arkkitehti, rakennusneuvos Pertti Toivarin (MMM, Maaseutu- ja luonnonvaraosasto/Rakentamis-yksikkö) johdolla valvonut ja ohjannut tutkimuksen toteutusta. Kannustavat kommentit ja aito mielenkiinto saavutettuja tuloksia kohtaan ovat auttaneet tutkimuksen loppuun saattamisessa. Tutkimusryhmä haluaa kiittää myös professori Hannu Haapalaa, jonka panos tutkimuksen alkuun saattamiseksi oli merkittävä.

Vihdissä 29. elokuuta 2003

Tutkijaryhmä: Pasi Suomi, Timo Lötjönen, Hannu Mikkola,  
Anna-Maija Kirkkari ja Reetta Palva

# Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	12
2	Tavoitteet.....	13
3	Tilan laajenemisen dynamiikka.....	13
3.1	Tilarakenteen kehitys.....	14
3.2	Tilusrakenteen kehitys .....	16
3.2.1	Etäisyyskustannus ja viljelyn kannattavuusraja.....	16
3.2.2	Tilusrakenteen muutosten vaikutus kannattavuuteen .....	18
3.3	Viljatilojen kannattavuus .....	19
4	Leikkuupuinti .....	21
4.1	Leikkuupuinnin nykytila.....	21
4.2	Leikkuupuinnin tulevaisuuden näkymät .....	23
5	Viljankuivauksen kehittäminen.....	24
5.1	Lämminilmakuivaamon paloturvallisuus.....	24
5.2	Kuivauksen vaikutus viljan laatuun.....	25
5.2.1	Kuivauksen vaikutus viljan itävyyteen .....	26
5.2.2	Kuivauksen vaikutus viljan leivontalaatuun .....	27
5.2.3	Kuivauksen vaikutus rehuviljan laatuun.....	28
5.2.4	Kuivurin säätöjen vaikutus viljan laatuun ja kustannuksiin....	28
5.3	Case-tutkimus: Kuumailmakuivuri.....	29
5.3.1	Mittausten taustaa .....	29
5.3.2	Mittausjärjestelyt .....	30
5.3.3	Mittaustulokset .....	32
5.3.3.1	Lämpötilan noston vaikutus energian kulutukseen... 32	
5.3.3.2	Lämpötilan noston vaikutus kuivausnopeuteen .....	36
5.3.3.3	Kuivaamoiden pölyisyys.....	36



5.3.3.4	Kuivurin pintalämpötilat.....	36
5.3.3.5	Kuivausilman lämpötilan vaikutus viljan itävyyteen	38
5.3.3.6	Kuivausilman lämpötilan noston kannattavuus .....	44
5.4	Keskitetty viljan kuivausmalli .....	45
5.4.1	Suomen Viljava Oy.....	46
5.4.1.1	Keskitetyn kuivauksen tarve .....	47
5.4.2	Botnia Grain Oy.....	49
5.4.2.1	Kysely sopimusviljelijöille .....	50
5.4.2.2	Eri viljankäsittelyvaihtoehtojen kustannusvertailu ...	51
5.4.3	Keskitetyn kuivauksen mahdollisuudet .....	53
5.5	Tilojen verkottuminen.....	54
5.5.1	Yhteistyön taloudelliset edut.....	55
5.5.2	Yhteistyön muut edut.....	56
5.5.3	Yhteistyön esteet ja riskit.....	57
5.6	Kuivaamorakennusten investointikustannusten alentaminen .....	57
5.7	Muut viljan säilöntämenetelmät.....	59
5.7.1	Tuoresäilönnän käyttömahdollisuudet .....	60
6	Viljan korjuun ja varastoinnin simulointi.....	62
6.1	Menetelmä.....	62
6.2	Mallinnusohjelmisto ja laitteisto.....	63
6.3	Paikkatiedon käyttöönotto .....	65
6.4	Validointi .....	66
6.4.1	Datavalidointi.....	66
6.4.2	Hypoteesivalidointi .....	67
6.4.3	Tekninen validointi .....	67
6.4.4	Kokonaisvalidointi.....	70
7	Simuloinnit .....	71
7.1	Herkkyysanalyysit.....	71
7.2	Uuden ja vanhan mallin vertaaminen.....	73
7.3	Tilan lohkokoon vaikutus korjuukustannuksiin.....	75

7.4	Tilan lohkojen etäisyyden vaikutus korjuukustannuksiin.....	78
7.5	Tilan laajentuminen .....	78
7.6	Tilojen verkottuminen.....	80
7.7	Kuivaus- ja säilöntämenetelmien vertailu.....	81
8	Johtopäätökset.....	86
8.1	Viljatilojen tulevaisuuden toimintamallit .....	86
8.1.1	Työvoima ja kannattavuus .....	86
8.1.2	Leikkuupuinti.....	86
8.1.3	Tilan sisäinen viljan kuljetus .....	87
8.1.4	Viljan varastointi .....	88
8.2	Mallintaminen tutkimusmenetelmänä.....	90
8.3	Ensisijaiset kehittämiskohteet.....	92
8.3.1	Leikkuupuimurin ongelmallinen paino ja hinta.....	92
8.3.2	Viljan hinnan ja laatuvaatimusten ristiriita.....	93
8.3.3	Erikoisalana rehuviljan tuotanto .....	94
8.3.4	Aktiivinen kustannusseuranta - joutokäynti pois.....	95
9	Kirjallisuus .....	96
10	Liitteet .....	101

## **RAPORTISSA KÄYTETTYJÄ TERMEJÄ**

*Alipainekuivuri* = Kuivuri, jossa kuivausilma imetään viljan läpi. Yleisemmin käytössä olevassa ylipainekuivurissa ilma puhalletaan viljan läpi.

*Ilmatiivissäilöntä* = Viljan tuoresäilöntämenetelmä, jossa viljan säilyminen perustuu varaston ilmatiivyyteen. Säilöntäaineita ei yleensä tarvita.

*Jyvässäilöntä* = Viljan tuoresäilöntämenetelmä, jossa viljan pilaantuminen estetään propionihapon avulla. Viljaa ei tarvitse murskata, eikä varastoa tarvitse peittää ilmatiiviisti.

*Kokoviljasäilöntä* = Viljan tuoresäilöntämenetelmä, jossa vilja korjataan jyvineen ja olkineen säilörehuksi yleensä keltatuleentumisvaiheessa. Puimuria ei siis tarvita. Menetelmä rajattiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

*Kuivaamo* = Koko kuivaamorakennus uunihuoneineen, kuivauskennostoineen ja varastosiloineen.

*Kuivuri* = Pelkkä kuivurikoneisto. Sisältää uunin, kuivauskennoston, kuivausilmapuhaltimen ja elevaattorin.

*Kuumailmakuivaus* = Viljan kuivausmenetelmä, jossa käytetään korkeampaa kuivausilman lämpötilaa kuin 80 °C. Paloturvallisuusmääräykset ovat aiemmin rajoittaneet maksimilämmön 80 °C:een.

*Kylmäilmakuivaus* = Viljan kuivausmenetelmä, jossa viljakerroksen läpi johdetaan lämmittämätöntä ulkoilmaa. Viljamassaa ei yleensä liikuteta kuivauksen aikana.

*Lämminilmakuivaus* = Viljan kuivausmenetelmä, jossa viljakerroksen läpi johdetaan kuumennettua ilmaa. Vilja yleensä kiertää kuivurissa, etteivät sen itävyydet tai leipoutuvuusominaisuudet kärsisi.

*Mallintaminen* = Systeemin tai ilmiön kuvaaminen sovittujen sääntöjen eli kielen avulla. Malleja ovat mm. pienoismallit, matemaattiset mallit ja kuvailtavat mallit. Mallintamisessa jäljitellään todellisuutta.

*Murskesäilöntä* = Viljan tuoresäilöntämenetelmä, jossa vilja säilyy maitohappokäymisen avulla. Vilja murskataan, jotta maitohappobakteerit voivat toimia tehokkaasti. Muurahaishappolisäyksellä nopeutetaan viljan pH:n laskua. Hapon sijasta voidaan käyttää esimerkiksi melassia. Siilo on painotettava ja suljettava ilmatiiviisti.

*Pakettikuivaamo* = Yleisin Suomessa käytössä oleva lämminilmakuivaamo-tyyppi. Kuivaamorakennus muodostuu neliöpohjaisista varastosiloista, jotka

ympäröivät kuivauskennostoa, elevaattoria ja kaatosuppiloa. Näiden päällä on katto. Kuivuri on viljaa kierrättävä eräkuivuri ja se toimii ylipaineperiaatteella. Uunihuone on kuivaamorakennuksen ulkopuolella. Varastosiilot voidaan yleensä tyhjentää alapuolelle valuttamalla.

*Simulointi* = Mallilla tehty koe eli mallin ”ajaminen”.

*Tuoresäilöntä* = Joukko viljan varastointitapoja, joissa viljaa ei kuivata. Näitä ovat mm. jyvä-, murske- ja ilmatiivissäilöntä. Tuoresäilöntä soveltuu vain rehuviljan käsittelyyn, koska viljan itävyys ja leipoutumisominaisuudet menetetään käsittelyn aikana.

# 1 Johdanto

Maatilojen koko lähti nopeaan kasvuun heti Suomen liittyttyä Euroopan unioniin. Aiempaa selvästi suurempien tuotantokokonaisuuksien muodostuminen nähtiin tärkeänä, jotta tuotantoa voitaisiin tehostaa, ja kiinteitä kustannuksia alentaa. Suuri tuotantokokonaisuus voi olla laajentava yksittäinen tila tai useamman pienemmän tilan muodostama verkosto. Suuren tuotantoyksikön hallinta Suomen oloissa on kuitenkin haasteellinen tehtävä, koska historiallisista ja maantieteellisistä syistä tilukset ovat pirstoutuneita, ja sääoloista johdun aikaa viljelytoimien tekemiseen on vähän. Laajentamisen yhteydessä joudutaan jatkuvasti pohtimaan, miten pitkälle olemassa olevat resurssit riittävät ja mitkä ovat laajentamisen rajat tai onko niitä.

Tämä tutkimus on jatkoa MTT:ssä 1996 – 1999 tehdylle tutkimukselle ”Viljasadon korjuu ja varastointi” (Haapala ym. 2001). Aiemmassa tutkimuksessa suunnitellun ja rakennetun mallin kehittämistä paremmin tilakohtaiseen suunnitteluun sopivaksi pidettiin tarpeellisena, koska maatilat ovat tilusrakenteeltaan niin erilaisia, että keskiarvotieto lohkojen sijainnista ja koosta katsottiin liian epätarkaksi päätöksenteon perusteeksi. Tilusrakenne haluttiin ottaa mallissa käyttöön juuri sellaisena kuin se on oikeassakin elämässä. Näin saatiin paremmin esille peltolohkojen ja talouskeskuksen välisen liikenteen eli maatilalogistiikan vaikutus työn käyttöön ja kustannuksiin. Parannettua mallia voitiin myös käyttää tutkittaessa tilan laajentamisen rajoja. Laajentamisen on todettu useissa tapauksissa huonontavan tilusrakennetta, koska tarjolla olevat pellot ovat usein pienten tilojen syrjäisiä ja pieniä lohkoja. Vastausta haettiin kysymykseen, onko olemassa jokin lohkojen ylin lukumäärä tai pisin etäisyys, jota ei tulisi ylittää.

Viljan myyminen puintituoreena yrittäjälle, joka kuivaa ja käsittelee sen sekä välittää edelleen, on uusi toimintamuoto Suomessa. Yritys tarvitsee ympärilleen viljan hankintaverkoston ja toisaalta se tarjoaa viljelijöille mahdollisuuden luopua kokonaan viljan kuivaamisesta ja varastoinnista. Botnia Grain Oy on esimerkki keskitetystä viljan kuivauksesta. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, millaisille tiloille keskitetty kuivaus tarjoaa taloudellisen vaihtoehdon ja mikä on keskitetyn kuivauksen ’toimintasäde’.

Viljan kuivaamisen osuus viljan korjuukustannuksista on tilakoosta riippuen 45 – 52 %. Näistä kustannuksista 59 – 65 % on kiinteitä. Kuivaus on lisäksi selkeä viljankorjuun pullonkaula. Tutkimuksen alkaessa oli tiedossa, että viljankuivureita koskevia paloturvallisuusmääräyksiä ollaan uusimassa ja kuivaaminen entistä kuumemmalla ilmalla saattaisi tulla mahdolliseksi. Näin voitaisiin alentaa kuivauskustannuksia kahta kautta. Ensinnäkin kuivausilman lämmön nostaminen alentaisi energiakustannuksia. Toiseksi lämmön nostaminen lisäisi kuivurin kapasiteettia, jolloin entisellä kuivurilla voitaisiin kui-

vata suurempi viljamäärä. Tutkimuksella haluttiin tukea valmisteilla olevaa muutosta ja samalla selvittää, paljonko se toteutuessaan alentaisi kuivauskustannuksia. Lisäksi haluttiin selvittää, vaikuttaako muutos kuivureiden palo- ja työturvallisuuteen sekä viljan laatuun. Kuuma kuivausilma voi nimittäin huonontaa viljan itävyyttä.

Suurin osa Suomessa viljeltävästä viljasta päätyy eläinten rehuksi. Rehuvilja voitaisiinkin kuivaamisen sijasta varastoida tuoreena. Tuoresäilötty vilja on todettu kuivatun veroiseksi rehuksi niin sioille, naudoille kuin siipikarjallekin ja säilöntäkustannus on yleensä alempi kuin kuivauskustannus. Tuoresäilöntä mahdollistaisi myös puimurin tehokkaan käytön ja vähentäisi korjuun sääriippuvuutta. Monista eduista huolimatta tuoresäilöntä ei ole yleistynyt. Siksi haluttiin selvittää, mikä on tuoresäilönnän tämänhetkinen kilpailukyky kuivaukseen verrattuna ja mitkä tekijät ovat tuoresäilönnän yleistymisen esteenä.

## **2 Tavoitteet**

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää suomalaiselle viljantuotannolle kestävä toteutus pohja ja siihen soveltuvat toimintamallit. Nopea rakennekehitys jatkuu ja se saattaa jopa kiihtyä. Siksi nähtiin tärkeänä tuottaa tietoa, jota tarvitaan suurempien tuotantoyksiköiden muodostamisessa. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella maatilojen verkottumisen tarjoamia mahdollisuuksia ja analysoida uudentyyppejä teknisiä ratkaisuja, kuten keskitettyä viljan kuivausta, alipaineista kuumailmakuivausta sekä tuoresäilönnän mahdollisuuksia.

Tilat ovat erilaisia ja päätöksenteon tueksi tarvitaan yhä tarkempaa tilakohdataista tietoa. Siksi todettiin, että edeltäneessä tutkimuksessa rakennettua mallia oli kehitettävä edelleen. Suurimman haasteen asetti tilustietojen käyttöönotto. Malliin oli rakennettava ominaisuudet, joiden avulla oli mahdollista ottaa huomioon lohkon pinta-ala, lohkon etäisyys talouskeskuksesta, viljalaji ja korjuujärjestys. Malliin otettiin myös mukaan alipaineinen kuumailmakuivuri, jonka polttoaineenkulutus on alhaisempi ja kapasiteetti suurempi kuin lämminilmakuivureiden.

## **3 Tilan laajenemisen dynamiikka**

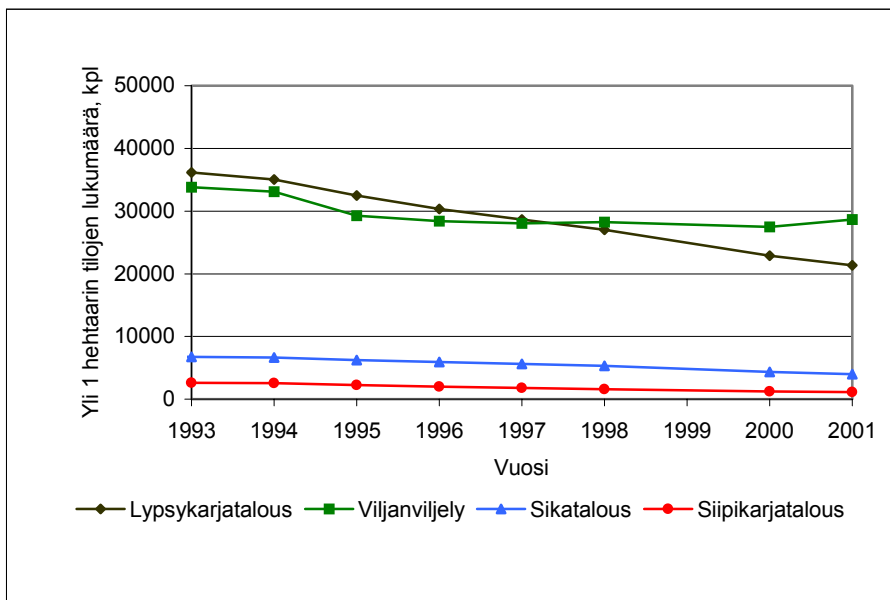
Tuotantoyksiköiden laajentaminen on nähty kaikkein tärkeimpänä suomalaisen maataloustuotannon sopeutuskeinona Euroopan unioniin (Myyrä 2001). Kasvintuotannon laajentamisen yhteydessä joudutaan pohtimaan mm. sitä, kuinka pieniä lohkoja ja kuinka kaukaa ne kannattaa ottaa viljelyyn. Laajentamisen edetessä tulee esiin kysymys, missä kulkevat laajentamisen rajat vai onko niitä? Voidaanko tuotanto jopa moninkertaistaa entiseen nähden? Laajentaminen merkitsee sekä kasvivalikoiman että kapasiteetin sopeuttamista, mikä tarkoittaa usein kasvilaji- ja lajikevalikoiman yksinkertaistamista sekä

jatkuvaa henkilö- ja koneresurssien venyttämistä suorituskykynsä ääri rajoille. Kokemus ja suunnitelmallisuus auttavat laajentumisen hallitsemista, mutta sen lisäksi tarvitaan tietoa ja päätöksentekoa tukevia apuvälineitä kuten las-  
kentamalleja, joilla tulevaa tilannetta voidaan ennakoita.

### 3.1 Tilarakenteen kehitys

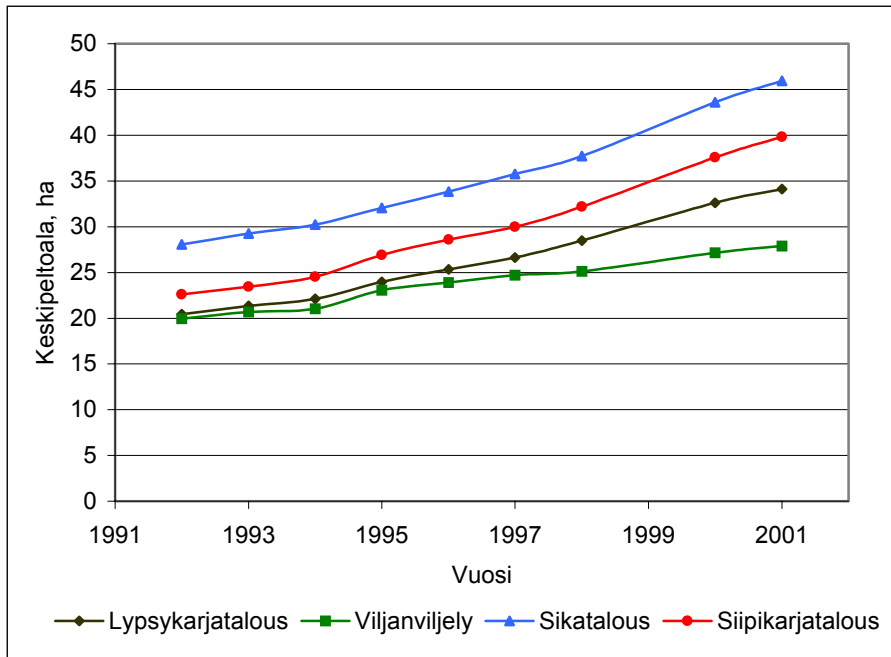
Tuotantotoimintaa harjoittavien aktiivitulojen määrä väheni vuodesta 1993 vuoteen 2001 kolmanneksella. Aktiivitulojen määrä vuonna 2001 oli 77 320 kpl (Maatilatilastollinen vuosikirja 2002). Samana aikana viljellyn peltomaan ja kesannon määrä vähentyi vain 75 000 ha eli 3,3 % (Maatilatilastolliset vuosikirjat 1997 ja 2002). Luvut kertovat varsin nopeasta rakennekehityksestä.

Yleinen harhakäsitys lienee, että rakennekehitys olisi likimain yhtä nopeaa kaikilla päätuotantoaloilla (maidontuotanto, naudanlihantuotanto, viljanviljely, sianlihantuotanto ja siipikarjalous). Tilastojen mukaan suuri määrä kotieläintuotantoa harjoittavista tiloista on lopettanut kotieläintuotannon. Varmasti myös osa viljantuottajista on lopettanut, mutta kotieläintuotannon lopettaneet ja viljantuotantoa jatkavat tilat ovat korvanneet viljatilojen poistumaa siten, että viljantuotantotilojen määrä on pysynyt ennallaan vuoden 1995 jälkeen, kuva 1 (Maatilatilastollinen vuosikirja 2002).



Kuva 1. Neljää päätuotantosuntaa edustavien maatalojen lukumäärän kehitys 1993 – 2001 (Maatilatilastollinen vuosikirja 2002).

Peltoalan kasvulla mitattuna kotieläintilojen rakennekehitys on ollut voimakkaainta (Maatilatilastolliset vuosikirjat 1997 ja 2002). Viljatilojen rakennekehitys näyttäisi sen sijaan polkevan paikallaan johtuen ilmeisesti juuri siitä, että niiden joukkoon tulee koko ajan pienehköjä, kotieläintuotannon lopettaneita tiloja. Jos kehitys jatkuu nykyisellään, kotieläintilojen ja viljatilojen kokoero kasvaa edelleen, kuva 2.



Kuva 2. Neljää päätuotantosuuntaa edustavien maatilojen peltoalan kehitys 1991 - 2001 (Maatilatilastollinen vuosikirja 1997 ja 2002).

Tilastoista ei voida nähdä, onko viljanviljelytilojen kokoluokkien välisessä jakaumassa tapahtunut muutoksia. Etelä- ja Länsi-Suomessa on nimittäin merkkejä siitä, että muutamat viljanviljelytilat laajentavat Suomen mittapuun mukaan todelliseksi suurtiloiksi, joilla on käytössään satoja hehtaareita peltoa. Periaatteessa viljatilalan laajentaminen ei pitäisi olla ainakaan sen vaikeampaa kuin kotieläintilojen laajentaminen, koska siinä yhteydessä ei tarvitse miettiä samassa määrin rakentamiseen ja työvoiman riittävyteen liittyviä ongelmia eikä lainkaan eläinten hoitoon ja terveyteen, lannan käsittelyyn tai vastaavaan liittyviä asioita. Viljatilalla tärkeimpiä asioita ovat kapasiteetin ja henkilöresurssien järkevä mitoittaminen sekä tietenkin talous, joka on kaikille tärkeää.

Tässä tutkimuksessa on ymmärretty viljaa tuottaviksi tiloiksi varsinaisten viljatilojen lisäksi sika- ja siipikarjataloutta harjoittavat tilat, joiden pelloilla tuotetaan rehuviljaa kotieläimille ja myös myyntiviljaa. Suomen vilja-alasta oli vuonna 2000 lähes puolet kotieläintiloilla, kun otetaan huomioon myös



nautakarjataloutta harjoittavat tilat (Maatalouslaskenta 2000). Viljaa tuottavat kotieläintilat ovat siinä mielessä mielenkiintoinen kohde, että niille henkilöresurssien riittävyys on vieläkin akuutimpi ongelma kuin kasvinviljelytiloille. Toisaalta omaa viljaa rehuksi käyttävillä tiloilla on valittavanaan enemmän varastointivaihtoehtoja kuin myyntiviljaa tuottavilla tiloilla. Varastointivaihtoehdon valinnalla voi olla myös suuria vaikutuksia puinnin järjestämiseen. Viljan korjuu- ja varastointiketjussa onkin vaihtoehtoja, joita ei vielä osata käyttää kunnolla hyväksi.

## **3.2 Tilusrakenteen kehitys**

Tilusrakenteeseen ymmärretään kuuluvaksi lohkojen etäisyys talouskeskuksesta sekä lohkojen koko ja muoto. Tilusrakennetta ja sen vaikutusta tuotannon järjestämiseen sekä talouteen ovat taloustutkijat selvittäneet Suomessa useampaan otteeseen. Myyrän (2001) mukaan aihetta ovat käsitelleet mm. Piponius 1906, Kokkonen 1933 ja Suomela 1950. Heidän tutkimuksissaan on todettu varsin selkeästi työnmenekin lisääntyvän viljelmien keskietäisyyden kasvaessa. Pellon puhdas tuotto tai maatalousyli jäämä lähestyivät nolaa, kun keskietäisyys oli 2,5 – 3,0 km. Tulos on ymmärrettävä tuon ajan oloissa, kun kuljettiin jalan tai hevosella, tieolot olivat huonot ja kuormakoot murto-osia nykyisestä. Lisäksi pellot olivat pääosin avo-ojitettuja. Tulosten arvo on lähinnä historiallinen.

### **3.2.1 Etäisyyskustannus ja viljelyn kannattavuusraja**

Uudempiä tuloksia tilusrakenteesta ja sen vaikutuksesta tilan talouteen on esittänyt mm. Sairanen (1998), joka on laskenut lisäpellon talouskeskusetäisyydelle etäisyyskustannuksen. Se tarkoittaa etäisyyden aiheuttamasta ihmis- ja konetyömenekin lisäyksestä johtuvaa kustannusta. Kustannukseen vaikuttaa oleellisesti viljeltävä kasvi, mutta myös lohkon koolla on oma vaikutuksensa. Jos etäällä oleva peltolohko on säilörehunurmena, kustannus on kaksinkertainen viljanviljelyyn verrattuna. Pienen lohkon etäisyyskustannus on suurempi kuin suuren.

Vuoden 1996 hinnoilla 5 – 10 hehtaarin ohralohkon etäisyyskustannus oli 34 – 67 €/ha, kun etäisyys oli 5 – 10 km (Sairanen 1998). Etäisyyskustannus kasvaa suoraviivaisesti matkan pidetessä. Sairasen laskelmissa on käytetty työnmenekkeinä Työtehoseuran työnormeja, jotka perustuvat noin 20 vuotta sitten tehtyihin työntutkimuksiin. Varsin yleinen käsitys on, että työ tehdään nykyisin normeja tehokkaammin. Siksi Sairasen laskema etäisyyskustannus on mieluummin todellista suurempi kuin sitä pienempi. Samaa suuntaa vaikuttaa Sairasen laskelmissaan käyttämä alhainen, 17 km/h nopeus siirtoajossa.

Sairasen (1998) mukaan viljatilat ovat ostaneet peltoa kauempaa kuin maitotilat ja maksaneet siitä korkeampaa hintaa, erityisesti A- ja B-alueilla. Viljatilojen valmiuteen maksaa korkeampaa hintaa vaikuttaa ainakin kaksi tekijää. Ensinnäkin peltoalan kasvattamisesta saatavaa tuoton lisäystä kuvaava erotustuotto on viljatioilla suurempi kuin maitotiloilla. Viljatilojen kannalta on merkille pantavaa se, että erotustuotto on korkea sekä pienillä että suurilla viljatioilla, kun maitotiloilla erotustuotto pienenee tilan kasvaessa. Toiseksi etäisyyskustannuksen pääoma-arvo on viljatilalla pienempi kuin maitotilalla. Edellisen perusteella viljatilalla kannattaa maksaa 9 kilometrin etäisyydellä olevasta pellostä sama hinta kuin maitotilan 5 kilometrin etäisyydellä olevasta pellostä.

Sairanen (1998) määrittelee lisäpellon hankinnan kannattavuuden siten, että kannattavuusraja on saavutettu, kun etäisyyskustannus saavuttaa erotustuoton. Erotustuotto osoittaa peltoalan kasvattamisesta saatavaa tuoton lisäystä ja se johdetaan laskennallisesti eri kokoisten maatilojen liikeylijäämästä. Pienten tilojen kannattaa hankkia peltoa kauempaa kuin suurten tilojen ja viljatilojen kauempaa kuin maitotilojen. Tekijöitä, jotka loitontavat viljelyn kannattavuusrajaa talouskeskuksesta, ovat Sairasen (1998) mukaan:

- lisäpellon alhainen hinta
- lisäpellon suuri puhdas tuotto
- pieni etäisyyskustannus ts. vähän käyntikertoja pellolla
- tilalla harjoitetaan monipuolista tuotantoa
- tilalla on käyttämätöntä tuotantokapasiteettia

Sairanen (1998) ei kuitenkaan määrittele mitään tiettyä kannattavuusrajaa, koska sen sijaintiin vaikuttaa tilan verotettava puhdas tuotto. Se vaihtelee suuresti, jolloin myös kannattavuusraja vaihtelee. Mitä enemmän maatalon kokonaistuotosta jää korkoa maatalouteen sijoitetulle pääomalle, sitä suurempi on erotustuotto ja sitä kauempaa peltoa kannattaa vuokrata.

Sairasen (1998) tekemässä viljelijäkyselyssä tiedusteltiin myös, mikä olisi suurin mahdollinen etäisyys, jolta viljelijä olisi valmis ostamaan tai vuokraamaan peltoa, mikäli peltoa olisi tarjolla ja hinta olisi paikkakunnan keskitasoa. Kyselyn lopputulos on esitetty taulukossa 1.

Tulos on looginen. Viljatilat ovat valmiita ostamaan ja vuokraamaan peltoa kauempaa kuin maitotilat ja pitkää etäisyyttä pidetään vuokrauksen yhteydessä pienempänä haittana kuin peltoa ostettaessa. Halukkuuteen vaikuttaa myös ennestään käytössä olevien peltojen sijainti. Jos tarjolla oleva pelto on samalla suunnalla kuin ennestään olevat pellot, matka voi olla vielä pitempi kuin siinä tapauksessa, että samalla suunnalla on vain tarjolla oleva vuokrapelto. Vuodesta 1996 vuokratun pellon määrä kasvoi viidessä vuodessa 21 %:sta 32 %:iin, joten peltoa on nähtävästi ollut sopivalla etäisyydellä tarjolla ja sitä on myös vuokrattu (Maatilatilastolliset vuosikirjat 1997 ja 2002).

Taulukko 1. Keskimääräinen etäisyys, jolta oltaisiin vielä valmiita hankki-  
maan lisäpeltoa (Sairanen 1998).

	Ostaisi etäisyydeltä		Vuokraisi etäisyydeltä	
	Talous- keskuksesta, km	Entisistä viljelyksistä, km	Talous- keskuksesta, km	Entisistä viljelyksistä, km
Kaikki tilat	6,4	4,3	7,4	5,1
Maitotilat	5,7	4,0	6,3	4,5
Viljatilat	7,1	4,9	9,4	6,4

### 3.2.2 Tilusrakenteen muutosten vaikutus kannattavuuteen

Myyrä (2001) on todennut tilojen peruslohkojen määrän lisääntyneen keskimäärin kahdella vuodesta 1997 vuoteen 1999. Samalla lohkojen keskikoko on pienentynyt ja myös viljelyetäisyydet ovat kasvussa. Tutkiessaan tilusrakenteen muutosten taloudellisia vaikutuksia Myyrä (2001) on käyttänyt menetelmää, jossa on voitu ottaa huomioon viljelijöiden mahdollisuus sopeuttaa viljelykierto ja –tekniikka parhaiten tilusrakenteeseensa sopivaksi. Käytännössä intensiivisin viljely sijoittuu yleensä talouskeskuksen lähelle ja kauimaiset lohkot viljellään laajaperäisemmin tai niitä pidetään kesantona.

Myyrä (2001) on käyttänyt aineistona MTT:n taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitolata-aineistoa. Kirjanpitolat ovat keskimääräistä suurempia tiloja, mitä tutkimuksessa on pidetty hyvänä asiana. Suuremmat tilat kohtavat ensimmäisenä luonnonolosuhteista ja tilusrakenteesta johtuvia taloudellisia haittoja. Tilussuhteiden vaikutuksia Myyrä (2001) on arvioinut laskemalla estimoimastaan voittofunktiosta varjohintoja. Ne kuvaavat voiton lisäystä, jonka tila voi saavuttaa saadessaan käyttöönsä yhden yksikön kiinteää tuotantontekijää lisää.

Käyttämällään menetelmällä Myyrä (2001) ei kuitenkaan voinut osoittaa, että peruslohkojen keskimääräisellä etäisyydellä olisi taloudellista vaikutusta. Tähän tulokseen saattoivat Myyrän mukaan johtaa mm. aineiston pienuus, tilusrakenteen tai viljelijöiden toiminnan tuloksen väärä mittaaminen, voittofunktion virheellinen formulointi tai parametrien väärä estimointi. Hän pitää kuitenkin mahdollisena myös sitä, että tutkimusaineiston keskimääräisellä etäisyydellä ei ollut nykytekniikkaa käytettäessä taloudellista vaikutusta.

Kehitettyään laskentamalliaan eteenpäin Myyrä (2002) päätyi edelleen tulokseen, että lohkojen keskietäisyys ei aiheuta viljelyhaittaa eikä rajoita tilojen laajentumista. Peruslohkojen keskietäisyys Myyrän tutkimuksessa oli viljatiiloilla 2,41 km, sikatiloilla 1,48 km ja maitotiloilla 1,53 km.

Lohkokoon taloudellisesta haitasta Myyrä (2001) päätyi aluksi siihen, että sillä olisi merkitystä vain maitotiloille. Myöhemmin (Myyrä 2002) totesi pienen lohkokoon aiheuttavan taloudellista haittaa myös viljatilaille. Hänen aineistossaan viljatilojen keskikoko oli 39,4 ha. Jotta lohkokoko ei aiheuttaisi tämän kokoisille tiloille viljelyhaittaa, keskimääräisen lohkokoon pitäisi olla yli 3,3 ha. Myyrän määrittelemä 'haitaton' keskimääräinen lohkokoko on varsin suuri, kun sitä verrataan Klemolan ym. (2002) tuloksiin lohkon koon vaikutuksesta viljatilain työmeneekkiin. Heidän mukaansa työmeneekki alkaa selvästi lisääntyä vasta, kun lohkon koko on pienempi kuin yksi hehtaari. On vaikeaa arvioida, mistä ero voi johtua, koska myös Myyrän tutkimuksissa taloudellinen haitta pitäisi johtua nimenomaan suuremmasta ihmis- ja kone-työn menekistä.

Myyrän (2002) mukaan tilan koko vaikuttaa siihen, mikä on viljelyhaittaa aiheuttava keskimääräinen lohkokoko. Kun kooltaan keskimääräinen maatila laajentaa 20 % (8 ha), keskimääräisen lohkokoon pitäisi kasvaa 0,1 ha, jotta viljelyhaittaa ei edelleenkaan aiheutuisi.

Myyrän (2002) laskemat työn, pellon ja pääoman varjohinnat korostavat nimenomaan peltoalan merkitystä viljanviljelyn tuloksen tekoon vaikuttavana tekijänä. Kasvinviljelytuotteiden hinnan romahtaessa 1995 ajallisuuskustannus laski ja peltopinta-alan merkitys korostui. Muiden tuotantotekijöiden merkitys vastaavasti laski.

Tämän tutkimuksen kannalta on vielä tärkeää todeta, että Myyrä (2002) pitää tilakohtaista tarkastelua tarpeellisena normatiivisten laskelmien sijaan. Normilaskelmilla saadut tulokset voivat hänen mukaansa olla sattumanvaraisia, koska ne eivät ota tilakohtaista vaihtelua huomioon.

Kun verrataan Myyrän käyttämän kirjanpitoala-aineiston tilojen kokoa tämän päivän aktiivitulojen kokoon, maitotilat ja sikatilat ovat saavuttaneet ja jopa ohittaneet kirjanpitoalain tuolloisen koon. Viljatiloin peltopinta-ala on sen sijaan vain puolet siitä, mitä se oli Myyrän tutkimusaineistossa. Tulosten mukaan viljatiloin laajentumiselle ei kuitenkaan ole mitään erityistä estettä.

Jos valittavana on paljon pieniä lohkoja talouskeskuksen läheltä tai muutama suurempi kauempaa, niin jälkimmäinen vaihtoehto on Myyrän tulosten perusteella parempi vaihtoehto. Myyrä pitää pienten lohkojen aiheuttamaa haittaa aliarvostettuna ja hänen mukaansa lohkojen suurentamisesta olisi merkitsevää taloudellista hyötyä.

### **3.3 Viljatiloin kannattavuus**

Riepponen (2003) on selvittänyt kirjanpitoalain tuotantokustannuksia vuosina 1998 – 2000. Selvityksen kohteena olivat maito- ja viljatilat ja sen perus-

teella voidaan tehdä päätelmiä myös tuotannon kannattavuudesta. Taulukossa 2 on esitetty taustatietoa tutkimuksen kohteena olleista viljatiloista ja niiden sadoista.

Riepposen (2003) mukaan viljan tuotantokustannus oli keskimäärin 327 €/tonni. Tuotantokustannuksesta 57 % oli kiinteitä kustannuksia ja 43 % muuttuvia kustannuksia. Riepposen (2003) tutkimuksessa on laskettu kiinteisiin kustannuksiin mukaan myös yrittäjäperheen palkkavaatimus (20 %), poistot (18 %) ja pääoman korko (19 %). Muuttuvia kustannuksia olivat: lannoite (7 %), energia (6%), kunnossapito (8 %), muut kasvinviljelymenot (5 %) ja muut menot (17 %). Muihin menoihin sisältyivät mm. vuokrat, vaikutukset ja vieraan työvoiman palkat.

Taulukko 2. Kirjanpitolviljelijöiden lukumäärä, peltoala ja satotaso kokoluokittain vuonna 2000 sekä keskimäärin vuosina 1998, 1999 ja 2000 (Riepponen 2003).

	Tilakokoluokittain vuonna 2000, tilakoko ha				Keskimäärin vuosina		
	alle 30	30-50	50-100	yli 100	2000	1999	1998
Tiloja, kpl	32	42	36	15	125	118	130
Peltoala, ha/tila	19,82	38,51	73,42	149,41	57,09	55,84	52,47
Vilja-ala, ha/tila	15,13	28,81	53,50	103,96	41,43	41,29	40,19
- josta							
leipäviljaa, %	16	23	35	44	33	24	29
mallasohraa,	5	17	17	37	22	24	22
rehuviljaa, %	79	60	48	19	45	52	49
Viljasato, kg/ha	3307	3564	4163	4484	3781	2693	2978

Keskimäärin isot tilat pystyivät tuottamaan selvästi alhaisemmin kustannuksien kuin pienet, mutta Riepposen (2003) mukaan aineistossa oli myös pieniä tiloja, jotka pystyivät tuottamaan alhaisin kustannuksin sekä suuria tiloja, joilla kustannukset olivat korkeat. Riepponen (2003) ei analysoi tarkemmin, mistä alhaiset tai korkeat kustannukset johtuivat. Alle 30 hehtaarin tiloilla tuotantokustannus oli vuonna 2000 413 €/tonni ja yli 100 hehtaarin tiloilla 232 €/tonni.

Jos tilan peltopinta-ala kasvoi 10 %, tuotantokustannus aleni 1,4 %. Toinen tuotantokustannukseen vaikuttava tekijä oli satotaso. Mitä suuremmat sadot olivat, sitä alhaisemmat olivat kustannukset. Jos tilan viljasato kasvoi 10 %, tuotantokustannukset alenivat 2,7 %. Myös tukialue vaikutti tuotantokustannukseen. A-alueella kustannus oli alhaisin ja C-alueella korkein.

Huolestuttavinta Riepposen (2003) tuloksissa on, että vain 26 % tiloista pystyi kattamaan kustannukset tuilla ja viljan myyntituloilla vuonna 2000, joka oli tarkastelujakson selvästi paras viljavuosi. Se oli myös parempi viljavuosi kuin tarkasteluvuosi ja yhdeksän sitä edeltävää vuotta keskimäärin (Maatilatilastollinen vuosikirja 2002). Huolestuttavaa on myös se, että vain 36 % tiloista pystyi kattamaan viljan myyntituloilla viljelyn muuttuvat kustannukset, joihin Riepponen (2003) ei laskenut työkustannusta. Riepposen (2003) tulokset merkitsevät, että hyvänäkin vuonna vain yksi viljanviljelijä neljästä saa työnsä palkan ja maatalouteen sijoitetulle pääomalle tavoittelemansa koron. Vuosina 1998 ja 1999 viljatilat eivät saaneet keskimäärin sen paremmin palkkaa kuin korkoakaan. Tätä pohdittaessa on vielä otettava huomioon, että tarkasteltavien viljatilojen peltoala oli kaksinkertainen verrattuna viljatilojen peltoalaan keskimäärin.

Yhteenvetona viljatilan laajenemisen dynamiikasta voidaan todeta, että viljatilojen rakennekehitys on jäämässä yhä enemmän jälkeen kotieläintiloista. Tilusrakennetekijöistä viljelyetäisyys ei yleensä rajoita laajentumista. Toki Suomesta löytyy sellaisiakin alueita, joissa lisäpeltoa ei ole saatavissa kohtuullisella etäisyydellä kovan kysynnän tai maantieteellisten olojen takia.

Tiluskoko voi sen sijaan olla liian pieni ja laajentumisen yhteydessä tulisikin ensi sijassa ostaa tai vuokrata lohkoja, jotka suurentavat tilan keskimääräistä lohkokokoa. Viljantuotannon heikko kannattavuus on selkeä laajentumisen este suurimmalle osalle viljatiloja. Vain suurimmat viljatilat kykenevät tekemään taloudellisen tuloksen, joka mahdollistaa laajentamisen ja myös kannustaa siihen.

## **4 Leikkuupuinti**

### **4.1 Leikkuupuinnin nykytila**

Tässä tutkimuksessa on keskitytty viljan jatkokäsittelyn ongelmiin. Leikkuupuinnin kehittämiseen ei ole puututtu, koska korjuuvaihe ei yleensä ole pulonkaula, mikäli puimurin kapasiteetti on likimain mitoitettu oikein tilan puitavaan pinta-alaan nähden, eivätkä sääolot ole hankalat. Puintikapasiteettia voidaan joustavasti ostaa, myydä tai vuokrata, mutta toisin on viljan jatkokäsittelyn laita.

Uusien leikkuupuimureiden koko ja kapasiteetti on kasvanut huomattavasti viime vuosina. Osittain tähän on vaikuttanut suurten urakkuimureiden tarve maassamme. Lisäksi nykyisin eurooppalaiset puimurivalmistajat eivät juurikaan enää valmista pienen kokoluokan puimureita. Puintitehoa on voitu tähän asti lisätä leikkuupöytää ja puintikoneistoa leventämällä sekä moottoritehoa ja automatiikkaa lisäämällä. Itse puimurin perusratkaisuihin on tullut

hyvin vähän muutoksia viimeisen 30 vuoden aikana. Jossain vaiheessa tehon lisäämisen rajat tulevat kuitenkin vastaan, sillä leikkuupuimurit ovat nykyisellään kalliita, leveitä ja erittäin painavia koneita.



Kuva 3. Leikkuupuimurit ovat nykyään tehokkaita ja ergonomisia, mutta kalliita erikoiskoneita. Suomessa puimuria käytetään korkeintaan 2 kuukautta, lopun ajan vuodesta kone seisoo käyttämättömänä. (Kuva: Pasi Suomi)

Leikkuupuimureiden korkea hankintahinta johtaa siihen, että niillä on puitava vuosittain todella paljon, jotta investointi maksaisi itsensä takaisin. Puintiurakoijan kannalta tämä tarkoittaa riskien lisääntymistä. Jos puintikauden sää on huono tai urakoijalle sattuu tapaturma, taloudelliset menetykset ovat suurempia kuin halvempaa puimuria käytettäessä. Toisaalta viljan hinnan halpeneminen on johtanut siihen, että sato ei ole enää yhtä arvokas kuin aiemmin, joten viljelijän kannattaa ottaa sääriskiä enemmän kuin ennen.

Leikkuupuimureiden koon kasvu tulee konkreettisesti esille maantiekuljetuksissa. Ison puimurin leikkuupöytä on leveämpi kuin paikallistien kaista. Mahdollisesti myös paikallistien sillat ovat isolle korjuukoneelle liian kapeita. Leikkuupöytä onkin joissakin tapauksissa irrotettava tieajoa varten puimurin vetämään perävaunuun, mikä on työlästä, jos puitavia lohkoja on paljon. Puimureiden suuresta painosta johtuva maan tiivistymisriski on hitaammin esille tuleva haitta. Keski-Euroopan kuivissa puintioloissa riski on pienempi, mutta Suomessa on syytä varautua myös märkiin syksyihin. Puimurin kiinnijääminen voidaan useimmiten estää suuremman rengasvarustuksen ja nelivedon avulla, mutta liian suurten akselipainojen maata syvältä tiivistävä riski ei tällä tavoin poistu. Viljankorjuun teho/painosuhteen parantamiseksi tarvittaisiin siis kokonaan uudenlaista teknologiaa.

## 4.2 Leikkuupuinnin tulevaisuuden näkymät

Ensimmäiseksi voidaan arvioida, pitääkö rehukäyttöön tarkoitetut jyvät välttämättä irrottaa tähkistä ja korsista. Riittävän ajoissa korjattu kokoviljasäilörehu on todettu kilpailukykyiseksi viljankorjuuvaihtoehdoksi nautojen ruokinnassa (Jaakkola ym. 2002). Yksimahaisille eläimille rehu ei sovellu liiallisen korsipitoisuuden takia. Kun tilan kaikki vilja korjataan kokoviljasäilörehuksi, ei tarvita puinti-viljankäsittelykorjuuketjua, vaan korjuu voidaan hoitaa pienin muutoksin säilörehunkorjuukalustolla. Toimenpide säästää kustannuksia huomattavasti.

Suurin osa viljasadosta käytetään tulevaisuudessakin jyvänä. Nykyisten leikkuupuimureiden ongelmana on se, että kun kapasiteettia lisätään leikkuuleveyttä tai ajonopeutta kasvattamalla, on puintikelaa, kohlimia ja seulastoa vastaavasti suurennettava ja rakenteita vahvistettava. Tällöin puimurista väistämättä tulee iso ja painava. Riipijäpöytä on yksi mahdollisuus vähentää puimurin sisälle tulevan kasvimateriaalin määrää ja siten vähentää puintikoneiston kuormitusta (PAMI 1998).

Koska riipijäpöytä ideaalisesti toimiessaan poimii kasvustosta vain tähkät puimuriin ja pui osan tähkistä jo leikkuupöydällä, voidaan olettaa, että riipijäpöytää käytettäessä saavutetaan suuri puintiteho jo melko pienelläkin puintikoneistolla. Puintikoneistoa pitäisi kuitenkin kehittää siten, että se sopisi paremmin pelkän tähkämässän puimiseen. Riipijäpöytä ei sovellu kovin hyvin öljykasvien ja heinäsiementen puintiin ja toisaalta sänki täytyy useimmiten niittää riipimisen jälkeen, jotta muokkaus onnistuisi (PAMI 1998). Riipijäpöytä on kallis laite ja usein sen rinnalle tarvitaan myös tavallinen leikkuupöytä, joten riivintä ei ole Suomessa edennyt kokeilua pitemmälle.

Perinteisen puimurin eniten puintitehoa rajoittava kohta ovat yleensä kohlimet. Sylinteripuimureissa kohlimet on korvattu usealla perättäisellä poikittaisella puintikelalla (tangentialipuimuri) tai parilla pitkällä puimurin suuntaisella puintikelalla (aksiaalipuimuri) (Lundin 1984). Näissä puintikelojen ja varstasiltojen muodostamaa erottelupinta-alaa on niin paljon, että kohlimia ei tarvita. Seulasto puhaltiminen täytyy kuitenkin olla jyvämässän puhdistamista varten.

Ulkomaisissa puintikokeissa sylinteripuimureiden kapasiteetti on ollut kuivissa puintioloissa varsin korkea, eivätkä tappiot kasva kovin nopeasti kosteissa oloissa (Lundin 1984). Niiden tehontarve on kuitenkin selvästi perinteisiä ratkaisuja suurempi ja varsinkin aksiaalipuimurin tehontarve nousee selkeästi oljen kosteuden kasvaessa. Tämä johtuu siitä, että olkea hierretään enemmän kuin kohlinpuimureissa. Siksi seulasto saattaa tietyissä oloissa kuormittaa oljesta enemmän kuin kohlinpuimureissa ja pellolle jäävä olki on silppuuntunutta ja hierrettyä, mikä saattaa vaikeuttaa sen jatkokäyttöä.



Suuren puintitehon ansiosta sylinteriratkaisuja on asennettu vain tehokkaimpiin puimureihin. Niissä tarvitaan vahvemmat rakenteet ja enemmän moottoritehoa kuin kohlinpuimureissa, eivätkä sylinteripuimurit yleensä ole sen kevyempiä kuin perinteisetkään puimurit. Ulkomitat saattavat olla pienemmät. Suomessa kasvustojen suuri puintikosteus rajoittaa sylinteripuimureiden yleistymistä.

Kanadassa on kehitetty McLeod-sadonkorjuujärjestelmä (PAMI 1998). Siinä vilja korjataan yksinkertaisella traktorin hinaamalla puimurilla, jossa on leikkuupöytä, puintikela ja pienet kohlimet, mutta ei seulastoa. Säiliöön siis kertyvät puhdistamattomat jyvät ja ruumenet ja peltoon menee vain olkea. Tämä ruumen/jyvämassa kuljetetaan tilakeskukseen, jossa lopullinen puinti tapahtuu sähkömoottorin käyttämässä paikallispuimakoneessa.

McLeod-järjestelmässä puimuri on halvempi ja kevyempi kuin normaali puimuri. Lisäksi etuna on, että rehuna arvokkaat pienet jyvät ja ruumenet kerätään talteen. Myös rikkakasvien siementen pääsy takaisin peltoon estyy. Esimerkiksi hukkakauran siemenistä on saatu valtaosa pois pellolta tällä tavoin (Rance 2001).

Vaikka McLeod-järjestelmä vaikuttaa mutkikkaalta perinteiseen puintiin verrattuna, se on laskelmien mukaan ainakin Kanadan preerioilla selvästi tavanomaista edullisempi vaihtoehto (PAMI 1998). Saman laskelman mukaan olisi vielä halvempaa korjata vilja niittämällä ja pyöröpaalaamalla se ja kuljettaa paalit puitavaksi paikallispuintikoneeseen.

Uusia mahdollisuuksia viljankorjuuseen siis on, mutta näyttää siltä, että lähitulevaisuudessakin Suomessa valtaosa viljasta korjataan leikkuupöydillä varustetuilla kohlinpuimureilla. Maassamme keskimääräinen lohkokoko ja –muoto ovat niin epäedullisia, että puimureiden olki/jyväteho on harvoin suurin puinnin sujumista rajoittava tekijä. Tämän takia tässä tutkimuksessa päätettiin keskittyä tilan sisäisen logistiikan ja viljan varastoinen tarjoamien mahdollisuuksien selvittelyyn ja leikkuupuinti jätettiin vähemmälle tarkastelulle.

## **5 Viljankuivauksen kehittäminen**

### **5.1 Lämminilma-kuivaamon paloturvallisuus**

Lämminilma-kuivaamoiden paloturvallisuus oli varsin tarkkaan säädelty silloin, kun oli voimassa sisäasiainministeriön pelastusosaston antama määräys A:47, ”Lämminilmakehittimien ja viljankuivaamoiden paloturvallisuus”. Määräyksessä annettiin yksityiskohtaisia ohjeita mm. lämmityslaitteiden rakenteesta ja toiminnasta, polttoainesäiliöistä, laitteiden käyttötiloista ja

sijoituksesta, laitteiden asentamisesta, laitteiden kunnossapidosta ja huollosta, sammutusvälineistä sekä laitteiden hyväksymisestä ja valvonnasta.

Kuivausilman lämpötilasta määräyksessä todettiin, että viljankuivuriin menevän kuivausilman keskilämpötila ei saa normaalikäytössä ylittää 80 C-astetta. Määräyksen tätä kohtaa on kritisoitu, koska ulkomailla tiedettiin käytettävän selvästikin korkeampia kuivauslämpötiloja, jopa 160 – 170 °C (Suomala 1985). Korkeamman lämpötilan käyttö houkuttelee, koska se vähentää kuivauksen energiankulutusta ja lisää kuivurin kapasiteettia.

Sisäasiainministeriö kumosi 9.7.2001 määräyksen A:47 ja ministeriön tarkoituksena oli antaa uudet ohjeet asetuksessa viljankuivaamoiden paloturvallisuudesta. Tästä on kuitenkin luovuttu. Myöhemmin oli aikomuksena sisällyttää viljankuivaamoiden paloturvallisuus valmisteilla olevaan tulisija-asetukseen, mutta tästäkin ajatuksesta on luovuttu. Tämänhetkisen tiedon mukaan Suomen pelastusalan keskusjärjestö (SPEK) kokoaa asiantuntijaryhmän laatimaan maatilojen paloturvallisuutta käsitteleviä oppaita, joista yksi koskisi viljankuivaamoita.

Tällä hetkellä ei siis ole olemassa selkeää korkeinta sallittua kuivausilman lämpötilaa. Jos viljelijä suunnittelee lämpötilan nostamista, hänen on kuitenkin varmistettava kunnan palotarkastajan, kuivurin valmistajan ja vakuutusyhtiön edustajan kanssa, että lämpötilaa voidaan nostaa kuivurin paloturvallisuutta heikentämättä. Tapauskohtaisesti sovitaan, mikä on korkein sallittu kuivausilman lämpötila. Olisi suotavaa, että mahdollisimman pian saadaan valmisteltua yleisesti hyväksytyt ohjeet, joita noudattamalla viljaa voitaisiin kuivata 80 C-astetta kuumemmalla ilmalla vaarantamatta kuivureiden paloturvallisuutta.

## **5.2 Kuivauksen vaikutus viljan laatuun**

Jos puinti on suoritettu normaalioloissa, eikä viljan laatu ole puinnissa eikä kasvukauden aikana muuten vahingoittunut, voidaan sitä kuitenkin vahingoittaa kuivauksessa kuivaamalla vilja liian kuumassa lämpötilassa tai liian kuivaksi. Käytettäessä sato siemenviljaksi ja mallasohraksi edellytetään siltä hyvää itävyysprosenttia, nopeaa ja tasaista itämistä. Myös leipäviljan itävyys on säilytettävä, sillä hyvä itävyys on yhteydessä leipomisominaisuuksiin (Järvenpää 1992). Rehuviljan vaatimukset ovat vähäiset verrattuna muihin viljankäyttömuotoihin, sen on täytettävä kotieläinten ravinnontarpeen asettamat vaatimukset, eikä itävyydellä ole suurta merkitystä.

Jos vilja puidaan kosteana, sen elintoiminnot jatkuvat vielä puinnin jälkeenkin. Vilja lämpenee ja samalla ravintoaineet alkavat hajota. Pieneliöt, jotka käyttävät viljan varastoaineita ravinnokseen lisääntyvät, jolloin viljan laatu

kärsii ja määrä vähenee. Viljan pilaantuminen estetään hidastamalla sen elintoimintoja ja estämällä pieneliöiden kasvu (Kallioniemi & Peltola 1988).

Kuivauksessa viljan kosteus alennetaan 14 prosenttiin, jolloin viljan elävyys säilyy, mutta siemen on lepotilassa. Tällöin haitallisten pieneliöiden kasvu estyy. Kuivauksen etuna on viljan elävyyden säilyminen, koska itäminen, mallastuminen ja leipoutuminen edellyttävät elävää viljaa. Tärkeää on kuitenkin saada kuivattua vilja mahdollisimman nopeasti sellaiseen kosteuteen, ettei lämpenemistä enää tapahdu (Kallioniemi & Peltola 1988). Suomessa myös alhainen puintiajan lämpötila edistää viljan säilymistä.

Kuivauksen tarkoituksena on poistaa kosteutta viljasta haihduttamalla. Viljassa on kosteutta sekä solujen sisällä että pinnalla. Viljan kuivaaminen edellyttää lämmön siirtoa, koska siemen kuivataan haihduttamalla vettä sen pinnalta ja vesihöyryn lämpösisältö on suurempi kuin nestemäisen veden. Jotta siemen kuivuisi, on pinnalta tapahtuvan haihtumisen lisäksi tapahduttava myös kosteuden siirtymistä siemenen sisäosista sen pintaan. Kuivumisnopeus alenee kuivumisen edistyessä, sillä kosteuden siirtyminen pintaan on rajoittava tekijä (Suomala 1985).

### 5.2.1 Kuivauksen vaikutus viljan itävyyteen

Itävyyden säilyttävä kuivausilman lämpötila on varsin alhainen. Esimerkiksi Suomalaisen (1987b) tutkimuksen mukaan 70 °C kuivausilman lämpötila on kennokuivurissa turvallinen myös hyvin kostean viljan kuivauksessa. 90 °C lämpötila aiheutti kuivauskokeissa selviä kuivausvaurioita, jos viljan kosteus on yli 20 %. Kuitenkaan tämän kosteusrajan alapuolella vaurioita ei esiintynyt. 120 °C lämpötilassa viljan itävyys tuhoutui lähes täydellisesti. Näiden tutkimusten perusteella onkin suositeltu, että siemen-, mallas- ja leipäviljan kuivausilman korkein turvallinen lämpötila on 90 °C vähennettynä viljan kosteusprosentilla. Käytännössä se tarkoittaa, että kuivausilman lämpötila ei saisi juuri nousta yli 70 °C.

Taulukko 3. Itävyyden muutos kuudessa eri erässä Suomalaisen (1987a) tutkimuksessa. Erän numeron jälkeen oleva luku tarkoittaa kuivausilman lämpötilaa ko. erässä.

Erä	Itävyysprosentti		
	Alku	Loppu	Muutos A-L
1 = 70 °C	97,25	94,75	2,50
2 = 70 °C	88,75	82,50	6,25
3 = 90 °C	84,75	49,25	35,50
4 = 90 °C	94,50	94,25	0,25
5 = 120 °C	85,75	14,75	71,00
6 = 120 °C	93,75	36,00	57,75

Kuivauksessa tai puinnissa heikentynyt itävyysprosentti alentaa kylvösiemenen arvoa. Lisäksi alhaisempi itävyys lisää kylvössä tarvittavaa siemenmäärää että hidastaa itävyyttä, jolloin itämiseen menevä aika pitenee ja kasvukausi lyhenee alkupäästä. Mallasohran idätysvaihe mallastuksessa taasen pitenee. Myös kuolleet siemenet saattavat pilaantua haitallisesti ja tällöin koko erän laatu alenee. (Suomala 1987a)

## 5.2.2 Kuivauksen vaikutus viljan leivontalaatuun

Vehnä on erityisen herkkä kuivausvaurioille. Itävyyden ja leivontalaadun aleneminen korkeassa lämpötilassa johtuu itämistä säätelevien entsyymiproteiinien ja leivonnan kannalta tärkeiden proteiinkompleksien vaurioitumisesta. Täten leivontalaadun ja itävyyden kannalta kriittiset lämpötilat ovat lähellä toisiaan.

Vehnän kyky muodostaa venyvä ja kimmoisa taikina perustuu sitkoon, joka on vehnäjauhojen veteen liukenematon osa. Sitko muodostuu jauhon sisältämisestä valkuaisaineista, kun vehnäjauhoihin lisätään vettä. Sitkon määrä ja laatu vaikuttavat taikinan kykyyn nousta.

Hiivakäymisen takia taikinassa muodostuu kaasua, joka jää sitkon muodostamien huokosten sisälle ja taikina nousee. Sitkon valkuainen saattaa vaurioitua, jos viljaa kuivataan liian kuumalla ilmalla tai vilja pääsee ennen kuivausta itsestään kuumenemaan, erityisesti silloin, jos vehnä on kostea. Sitkon vaurioituttua jauho ei sovellu leivontaan. Sitko on tällöin hyvin haurasta tai sitä ei muodostu ollenkaan.

Ghaly & Taylor (1982) kuivasivat vehnää 60, 80, 100 ja 120 C-asteessa. Tulokset osoittivat, että kuivauslämpötilalla oli enemmän vaikutusta kuin kuivausajalla. Heidän mukaan 12 - 14 % vehnää voidaan lämmittää yhtäjaksoisesti kaksi tuntia 60 C asteessa ilman, että siemenen elintoiminnot kärsivät.

Taulukko 4. Vehnän jyvän kriittiset lämpötilat, kun puintikosteus on 15 - 35 %. (Lindberg & Sörensson 1959)

Vehnän puintikosteus %	Kriittinen lämpötila °C	
	itävyydelle	leivontalaadulle
15	63	67
17	60	64
21	55	57
25	51	52
29	48	48
35	44	42

### 5.2.3 Kuivauksen vaikutus rehuviljan laatuun

Yleisesti on tiedossa, että rehuarvon alentumisen kriittiset lämpötilat ovat korkeampia kuin itävyyden ja leivontalaadun, mutta niistä tiedetään paljon vähemmän. Nautojen rehussa viljan paahtamisella on todettu olevan hyviäkin ominaisuuksia, koska kypsentyminen parantaa maittavuutta. Kypsennetty vilja myös nostaa märehittäjien pötsin pH:ta hitaammin kuin kypsentämätön vilja ja täten on mahdollista käyttää tavanomaista suurempia rehuviljamääriä ruokinnassa ilman, että karkearehun sulavuus heikkenisi.

Kuivattaessa viljaa kuumalla (100 - 105 °C) ilmalla, voidaan parantaa viljan hiilihydraattien sulavuutta, mutta samalla valkuaisen sulavuus saattaa kuitenkin heiketä. Yksimahaisille vilja on tärkeä valkuaisen lähde, joten kuivaus ei saisi vähentää viljan aminohappomäärää. Työtehoseurassa tehdyissä tutkimuksissa havaittiin, että rehuviljan laatu ei heikkene, vaikka kuivattiin korkeimmalla siihen aikaan teknisesti luvallisella lämpötilalla (80 °C) (Suomala 1987b).

### 5.2.4 Kuivurin säätöjen vaikutus viljan laatuun ja kustannuksiin

Kuivurin perussäädöt viljaa kierrättävässä siilomallisessa kuivurissa ovat viljan kiertonopeus, kuivausilman lämpötila ja kuivausilman määrä. Viljan sopiva kiertonopeus kuivurissa on yksi kierros tunnissa. Viljaa pitää kierrättää tarpeeksi nopeasti etenkin silloin, kun käytetään kuumaa kuivausilmaa. Nopea kierto tuo varastokennoissa olevan viljan nopeasti uudelleen kuivausvyöhykkeeseen ja estää pitkäaikaisen kuumen kuivausilman viljaa vaurioittavan vaikutuksen (Peltola 1997). Hidas kierto aiheuttaa epätasaista, vyöhykkeistä kuivumista ja lisää vaurioitumisriskiä kuivurin kuumimmissa osissa.

Kuivausilman lämpötilan säädöllä vaikutetaan kuivurin vedenhaihduttamistehoon. Mitä korkeampi on kuivausilman lämpötila, sitä tehokkaampaa on myös kuivaus. Kuivausilman määrä kannattaa mitoittaa mahdollisimman suureksi, jotta kuivurisiilon vedenpoistokyky hyödynnetään kokonaan. Pienellä ilmamäärällä kuivaaminen on taloudellista, mutta tehotonta (Kallioniemi & Peltola 1988).

Kuivauskustannus muodostuu suurimmaksi osaksi kiinteistä kustannuksista (Klemola & Pirilä 1999). Tällöin pintikosteudella ei ole kovin suurta merkitystä kuivauskustannusten suuruuteen, koska pintikosteus vaikuttaa suoraan vain öljyn ja sähkön kulutukseen, joiden osuus kaikista kuivauskustannuksista on noin 25 % (Peltola 1989). Pintikosteuden kaksinkertaistuessa esim. 18-36 prosenttiin, nousee kuivauskustannus noin 30 %, eli suhteellisesti selvästi pintikosteuden nousua vähemmän. Suomen oloissa tällä on vaikutusta siten, että vaikka viljan pintikosteus jonakin vuonna olisikin selvästi keskimää-

räistä alhaisempi, ovat kuivauskustannukset silti korkeat (Aaltonen ym. 1999).

Rehuviljan kuivauksessa voitaisiin kuivauksen energiankulutusta vähentää erittäin korkeita lämpötiloja käyttäen jopa 20 %. Kuumempaa kuivausilmaa käyttämällä kuivurin energiatehokkuus kasvaisi, eli öljynkulutus haihdutettua vesikiloa kohden pienenesi. Työtehoseuran laskelmien mukaan kuivauksen energiankulutus vähenisi noin 5 %, jos kuivausilman lämpötilaa nostettaisiin 10 - 15 °C (Peltola 1989).

## **5.3 Case-tutkimus: Kuumailmakuivuri**

### **5.3.1 Mittausten taustaa**

Kuivausteorioiden ja aiempien tutkimusten mukaan kuivausilman lämpötilan nosto nopeuttaa viljan kuivumista ja vähentää kuivurin energiankulutusta haihdutettua vesikiloa kohti. Energiansäästö alkaa kuitenkin pienetä, kun kuivausilman lämpötilaa nostetaan selvästi yli 100 °C:een (Maltry et al. 1975).

Teorioiden mukaan energiansäästö lämpötilaa nostettaessa on suurempaa yökuin päiväkuivauksessa, eli silloin kun ulkoilman lämpötila on alhainen ja kosteus korkea (Peltola 1985). Itse asiassa päiväkuivauksessa alkaa energiaa säästymään vasta kuivauksen loppupuolella, kun poistoilman kosteus on laskenut 60 %:n alapuolelle. Hyvin eristetyssä kuivurissa energiansäästö voisi olla noin 2,5 – 5 %, kun kuivausilman lämpöä nostetaan 10 °C (Ahokas & Koivisto 1983, Peltola 1985). Suomessa yleisesti käytössä olevissa eräkuivureissa aihetta käsitteleviä mittauksia on tehty hyvin vähän.

Syksyjen 2000 - 2001 aikana tehtiin kuivurimittauksia Oripäässä maatilalla, jonne oli rakennettu kuumailmakuivuri (kuva 4). Mittausten tavoitteena oli selvittää korkean lämmön käytön vaikutus kuivauksen energiatehokkuuteen, kuivausaikaan ja viljan itävyyteen sekä arvioida paloturvallisuusriskejä.

Kyseinen kuivuri toimii eräperiaatteella. Vilja kiertää kuivauskennoston kautta niin kauan, että se on tarpeeksi kuivaa varastoitavaksi. Kuivuri on alipaineinen, eli uunissa lämmitetty kuivausilma imetään viljan läpi kahden kennoston jälkeisen keskipakopuhaltimen avulla. Tavallisesti Suomessa on käytetty ylipaineikuivausta, eli kuivausilma puhalletaan uunin ja viljan läpi. Periaatteessa alipaineikuivurin pitäisi olla melko pölytön, koska kuivauskennostossa olevat vuodot vuotavat ”sisäänpäin”, eivätkä kennoston ulkopuolelle. Toinen teoreettinen etu on se, että vesi höyrystyy alemmassa paineessa helpommin kuin korkeassa paineessa. Tosin paine-ero yli- ja alipaineisen kuivurin välillä on pieni.



Kuva 4. Alipaineinen kuumailmakuivaamo viljasiiloineen (vasemmalla) ja uuneineen (oikealla). Uunihuoneessa ei ole ilmapuhaltimia, vaan kuivausilma imetään uunin ja kuivurin läpi poistupuolella sijaitsevilla keskipakopuhaltimilla. (Kuvat: Timo Lötjönen)

Kuivurin kokonaistilavuus on  $60,5 \text{ m}^3$  ja uunin teho 1000 kW. Polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä. Myös nestekaasun käyttö olisi samalla polttimella mahdollista. Uunin lieriömäisellä rakenteella pyritään siihen, että ilma huuhtelisi uunia mahdollisimman tasaisesti. Alipaineella liikkuvan kuivausilman sekoittuminen ja pyörteily on nimittäin vähäistä. Myös materiaalien vahvuuteen ja palonestoautomaatiikkaan on kiinnitetty enemmän huomiota kuin ylipainetekniikkaa käytettäessä. Mikäli tulipintoihin tulisi repeämä, palokaasut pääsisivät helposti alipaineisen kuivausilman mukaan. Selvytyden vuoksi mainittakoon, että alipaineisuutta ja korkean lämpötilan käyttöä ei välttämättä tarvitse rakentaa samaan kuivuriin, mutta tässä tapauksessa niin on tehty.

Mittausten kohteena ollut alipaineikuivaamo on rakennusteknisesti mielenkiintoisesti toteutettu. Uuni on sijoitettu käytöstä poistettuun tavarankuljetuskonttiin, johon on tehty perustukset ja harjakatto. Itse kuivauskennosto on rakennettu peltisen pyörösiilon sisään. Siilon läpimitta on 6 m. Elevaattori ja poistopuhaltimet ovat tämän peltikuoren sisässä. Katollinen ja seinällinen kaatosuppilo on peltikuoren ulkopuolella. Neljä pyöröä varastosiiloa sijaitsevat kuivurisiilon vieressä. Vilja johdetaan niihin valutusputkilla. Kyseinen kuivurirakenne on hankintahinnaltaan noin 30 % edullisempi kuin perinteinen pakettikuivuri. Rakentamisessa on käytetty hyvin hyödyksi rinnettä, jolloin valutuskorkeudet on saatu riittäviksi.

### 5.3.2 Mittausjärjestelyt

Kuivurikennosto oli sijoitettu vaaka-anturien päälle, joten mittaamalla viljaerän painon laskua kuivauksen aikana voitiin seurata veden poistumista vil-

jasta. Vuonna 2000 vaaka-antureita oli vain kaksi. Toiminnassa ilmenneiden puutteiden takia syksyksi 2001 kuivurin jokaisen jalan alle asetettiin anturit (yhteensä 4 kpl). Muutostöillä vaa'an toiminta parani selvästi. Tilalla on olemassa autovaaka, jonka avulla kuivurivaaka voitiin kalibroida. Vaaka kalibroitiin massoilla 0 kg ja 29 000 kg. Vaa'an näyttämä vaihteli vakiomassallakin hieman, virhe oli noin  $\pm 2$  %.

Kuivausilman lämpö mitattiin kolmella termoelementillä tuloilmaputkesta metrin etäisyydeltä kuivauskennostosta. Anturit kiinnitettiin putkeen pystysuoraan asennettuun terästankoon 20, 40 ja 60 cm:n korkeudelle tuloilmaputken alareunasta. Mittausten loputtua anturien toimivuus tarkistettiin vielä MTT/Vakolassa, jolloin niiden havaittiin näyttävän oikein  $\pm 0,7$  °C:een tarkkuudella 100 ja 130 °C:een lämpötiloissa.

Ulkoilman lämpötilaa ja kosteutta mitattiin uunihuoneen pohjoisseinältä Vaisala HMP45A -anturilla. Kuivurista poistuvan ilman lämpötilaa ja kosteutta mitattiin molemmista poistoputkista Rotronic FTCA15 -antureilla, jotka oli sijoitettu noin 1 metrin etäisyydelle poistoilmapuhaltimen jälkeen. Anturit kalibroitiin MTT/Vakolassa ennen asennusta. Antureiden sijoittelu on esitetty tarkemmin taulukossa 5. Vaaka, lämpötila-anturit ja ilmankosteusanturit oli kytketty molempina vuosina tiedonkeruulaitteelle, josta tiedot voitiin siirtää taulukkolaskimeen. Mittaus toistettiin aina kahden minuutin välein. Öljynkulutusmittari oli mekaaninen. Sen näyttämä kirjattiin muistiin kuivauksen alussa ja lopussa.

Viljasta otettiin kosteus- ja itävyysnäytteet ennen kuivausta jokaisesta kuormasta. Kuivauksen aikana jyvänäytteet otettiin elevaattorin alapäästä puolen tunnin välein siten, että jokainen näyte koostui noin kolmen minuutin aikana otetuista osanäytteistä. Itävyysnäytteet säilöttiin kangaspusseihin, kuivattiin ilmakivaksi ja lähetettiin analysoitavaksi Työtehoseuraan. Kosteusnäytteet suljettiin ilmatiiviisti muovipusseihin ja säilytettiin viileässä analysointitieteen saakka. Jyvien kosteus mitattiin ilman jauhamista kuivauskaappimenetelmällä, jossa kuivausaika on 24 h ja lämpötila 105 °C. MTT/Vakolan näytteenottajat eivät olleet kaikkien erien kuivauksessa paikalla. Näissä tapauksissa viljan alku- ja loppukosteus mitattiin kalibroidulla pikakosteusmittarilla. Näin ison viljaerän kosteuden määrittäminen pikakosteusmittarilla on vaikeaa, mutta vaa'an antamista tuloksista voitiin laskea todellisuudessa poistunut vesimäärä.











Koekuivurissa viljan kiertonopeutta voidaan säätää kuivurin syöttölaitetta käyttävän sähkömoottorin taajuutta muuttamalla. Kostean ja kuivan viljan kiertonopeus mitattiin juoksuttamalla koko elevaattorin tuotto kahden minuutin ajan perävaunuun. Viljan määrä punnittiin autovaa'alla.

Kuivurin sisäilman pölyisyyttä mitattiin kahdella pölynkeräyspumpulla standardin SFS 3860 (1988) mukaisesti. Mittausjaksojen pituus oli noin 7 tuntia



ja mittaus toistettiin kahtena peräkkäisenä kuivauspäivänä. Jakson pituudesta johtuen siihen sisältyi kuivurin täyttö, kuivaus, jäähdytys ja tyhjennys. Alipainekuivurin pölyisyyttä verrattiin MTT/Vakolan ylipainetoimiseen kuivuriin (tilavuus 24 m<sup>3</sup>). Ensimmäinen mittauspaikka oli kummassakin kuivurissa ylätaso (noin 1 m välipohjan yläpuolella). Toinen mittauspaikka (keskitaso) oli alipainekuivurissa alemman poistopuhaltimen taso + 1 m ja MTT/Vakolassa noin kuivauskennoston puolivälissä oleva taso + 1 m. Menetelmä on altis virheille, koska pölyisyyden määrittäminen perustuu hyvin pieneen suodattimen painon lisäykseen.

Taulukko 5. Tiedonkeruulaitteeseen kytkettyjen anturien sijoittelu kuivurissa.

Anturin nimi		Paikka kuivurissa ja selitys
Tulolämpö Ylä		Kuivausilman lämpötila tuloilmaputkessa 60 cm:n korkeudella.
Tulolämpö Keski		Kuivausilman lämpötila tuloilmaputkessa 40 cm:n korkeudella.
Tulolämpö Ala		Kuivausilman lämpötila tuloilmaputkessa 20 cm:n korkeudella.
Ulkokosteus		Ulkoilman kosteus uunihuoneen seinällä n. 1.5 m:n korkeudella.
Ulkolämpö		Ulkoilman lämpötila uunihuoneen seinällä n. 1.5 m:n korkeudella.
Poistokosteus ala		Poistoilman kosteus alemmassa poistoputkessa.
Poistolämpö ala		Poistoilman lämpötila alemmassa poistoputkessa.
Poistokosteus ylä		Poistoilman kosteus ylemmässä poistoputkessa.
Poistolämpö ylä		Poistoilman lämpötila ylemmässä poistoputkessa.
Vaaka kg		Vaa'an näyttö kg

Alipainekuivurin kennoston pintalämpötiloja mitattiin 13:sta pisteestä eri korkeuksilta Keithley-termoparimittarilla syksyllä 2000. Tulosten perusteella voidaan arvioida pölyn syttymisherkkyyttä kuivurin pinnoilla. Lisäksi kokeiltiin lämpökameran käyttöä pintalämpötilojen mittaamiseen. Peltipintojen heijastavuus ja tilanahtaus häiritsivät kuvaamista, mutta menetelmää kehittämällä olisi mahdollista saada yksittäisiä mittauksia kattavampi kuva lämpötiloista ja esimerkiksi tärkeimmistä eristyskohteista.

### 5.3.3 Mittaustulokset

#### 5.3.3.1 Lämpötilan noston vaikutus energian kulutukseen

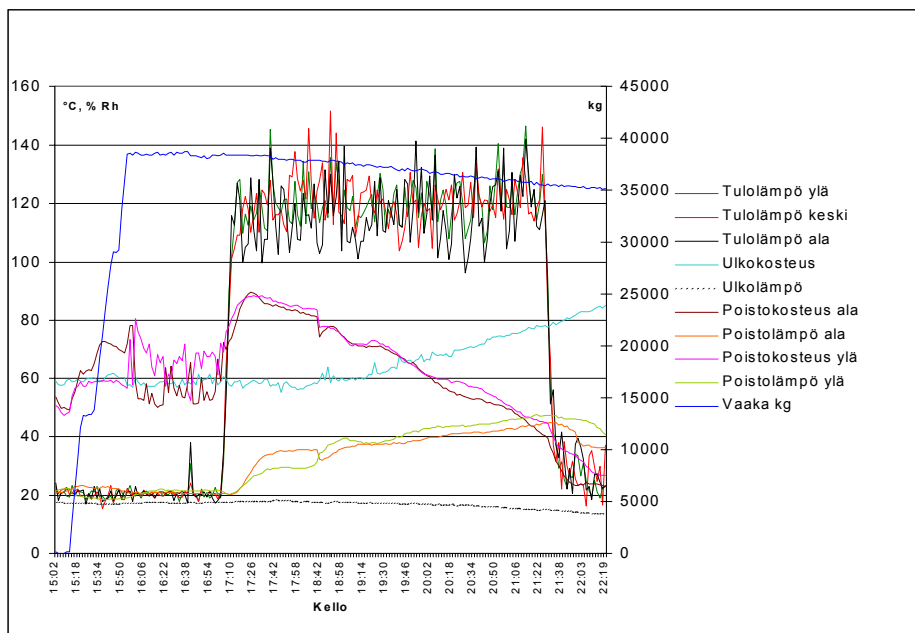
Kuumailmakuivurilla kuivattiin 16 erää vuonna 2000 ja 14 erää vuonna 2001. Näistä puolet oli rehuohraa ja puolet rehukauraa. Öljypolttimen ilmamäärä säädettiin ennen kuivauksia oikeaksi CO<sub>2</sub>-analysaattorilla. Vuonna 2000 kuivausilman määrää jouduttiin hieman kuristamaan, jotta lämpötila saatiin

nousemaan yli 100 °C:een. Syksyllä 2001 käytettiin suurempia suuttimia ja voitiin kuivata täydellä ilmamäärällä. Kuivausilman määrää ei mitattu. Mittauksissa varioitiin kahta tekijää: kuivausilman lämpöä ja viljan kiertonopeutta (taulukko 6). Lämpötilan säätämisen tavoitteena oli 20 °C:een ero matalan ja korkean lämpötilan välillä.

Taulukko 6. Mitatut ohran kiertonopeudet vuosina 2000 ja 2001.

Mitatut ohran kiertonopeudet v. 2000	Kosteus %	Kiertonopeus	
		tn/h	kertaa tunnissa
Normaali (syöttölaitteen taajuus 47 Hz)	16,3	17,4	0,5
Nopea (syöttölaitteen taajuus 75 Hz)	16,9	32,4	0,9
	12,4	42,6	1,2
Mitatut ohran kiertonopeudet v. 2001			
Normaali (syöttölaitteen taajuus 50 Hz)	16,0	24,5	0,7
Nopea (syöttölaitteen taajuus 75 Hz)	16,0	36,0	1,0

Kuvasta 5 nähdään, että mitattu kuivausilman lämpötilan keskiarvo ylitti asetusravonsa keskimäärin 10 - 20 °C:lla. Sama ilmiö havaittiin kaikissa kuivatuissa erissä. Todennäköisin syy tähän liian korkealla lämmöllä kuivaamiseen on poltinta ohjaavan anturin sijoittuminen melkein tuloilmaputken ala-

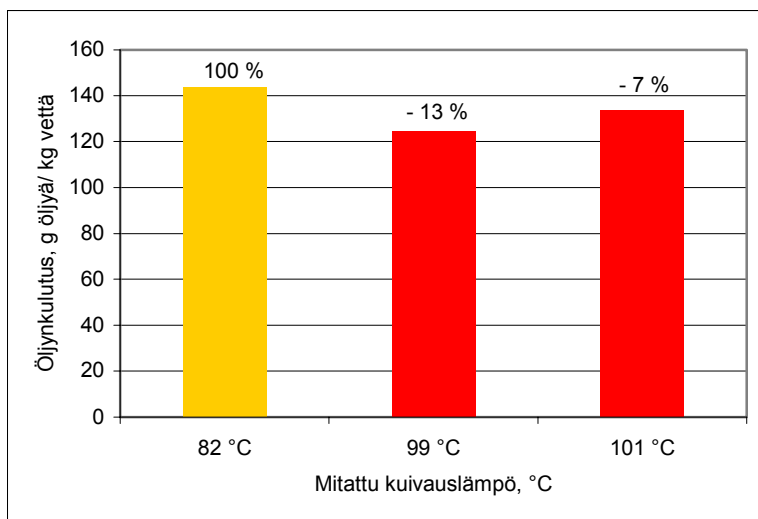


Kuva 5. Tiedonkeruulaitteen mitaamat arvot ohraerän kuivauksessa alipaineuivurissa v. 2001. Viljan alkukosteus oli 20 %, loppukosteus 12 %, kuivauslämpöasetus 100 °C, mitattu kuivauslämmön keskiarvo 119 °C, kiertonopeus normaali.

reunaan. Tämän tyyppisessä kuivurissa tuloilma on voimakkaasti kerrostunut, koska ilmaa siirtävät puhaltimet sijaitsevat vasta kuivauskennoston poistopuolella. Tilannetta voisi korjata esimerkiksi rihloittamalla tuloilmaputken alkupään, jolloin virtaus sekoittuisi tai sijoittamalla tunnustelija-anturi parempaan paikkaan.

Kuivausilman lämpötilan säätöongelma, vaa'an puutteellinen toiminta vuonna 2000 ja viljan alhainen puintikosteus (yleensä < 20 %) kumpanakin vuonna vaikeuttivat energiankulutuksen laskemista, mutta suuntaa antavia johtopäätöksiä voidaan tehdä. Puintikosteuden ollessa alhainen vesi on tunnetusti vaikeampi poistaa jyvistä kuin puintikosteuden ollessa korkeampi (Peltola 1985). Viljojen tavoitekosteutena oli 12 %.

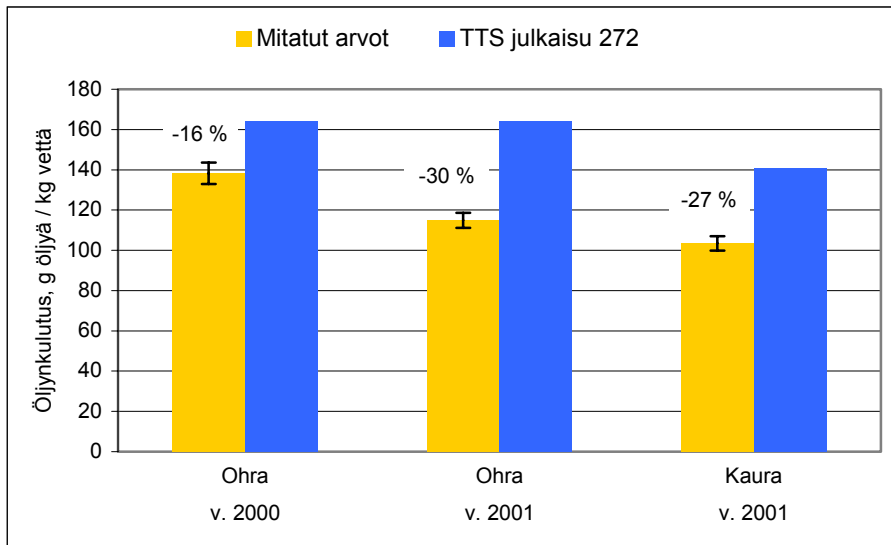
Sopivin energiankulutuksen mittari on öljynkulutus haihdutettua vesimäärää kohti (g/kg). Kuivaamon sähkönkulutusta ei tässä tutkimuksessa mitattu. Vuonna 2000 kuivausilman asetuslämpö oli 70 tai 90 °C ja vastaavasti mitatut kuivauslämmön keskiarvot 82 ja 101 °C. Kuvan 6 mukaan noin 20 °C:een lämmönnosto laski energiankulutusta 7 – 13 %. Vuonna 2001 kuivausilman asetuslämmöt olivat 75 ja 100 °C. Mitatut kuivauslämmön keskiarvot olivat vastaavasti 90 ja 119 °C. Tällöin loogista eroa energiankulutuksessa ei voitu havaita. Ilmeisesti tuolloin oltiin kyseisen uuni-kuivuriyhdistelmän lämmönsiirtokyvyn ylärajoilla, jolloin energiatehokkuus ei enää kasvanutkaan lämpötilaa nostettaessa. Myöskään kiertonopeuden lisääminen normaalista 0,5 – 0,7 kertaa tunnissa 1,0 kertaan tunnissa ei näyttänyt selvästi vaikuttavan energiankulutukseen, vaikka mm. Peltolan (1985) mukaan nopeutuksen pitäisi laskea energiankulutusta.



Kuva 6. Öljynkulutus haihdutettua vesikiloa kohti alipainekuivurissa eri kuivausilman lämpötiloilla v. 2000. Kuivattavan ohran alkukosteus oli 15 - 19 %.

Toinen tapa kuivurin energiatehokkuuden arviointiin on verrata keskimääräistä kulutusta aiempiin tutkimuksiin tai kirjallisuudessa esitettyihin normilukuihin. Työtehoseuran tilatutkimuksen mukaan eteläsuomalaiset lämminilmauivurit kuluttivat 1980-luvun alussa 141 g öljyä vesikiloa kohden, kun viljan lähtökosteus oli 20 – 24 % ja 164 g öljyä vesikiloa kohden, kun viljan lähtökosteus oli 15 – 19 % (Peltola 1985). Alipaineisen kuumailmauivurin öljynkulutus oli vuonna 2000 ohraa kuivattaessa keskimäärin 138 g öljyä vesikilo kohden, kun lähtökosteus oli pienempi kuin 20 % ja vuonna 2001 ohraa kuivattaessa 115 g öljyä vesikiloa kohden, lähtökosteuden ollessa alle 20 %. Vuonna 2001 kauraa kuivattaessa öljynkulutus oli 103 g öljyä vesikiloa kohden, kun lähtökosteus oli 20 - 36 %. Vuonna 2000 kaurajen kuivauksen energiakulutusta ei mitattu.

Tulosten mukaan alipaineisen kuumailmauivurin öljynkulutus olisi ollut noin 16 – 30 % alempi, kuin maataloilla keskimäärin 1980-luvun alussa (kuva 7). Tässä vertailussa pitää olla kuitenkin varovainen, koska Työtehoseuran tutkimuksen uivurit olivat selvästi pienempiä kuin tässä tutkimuksessa mitattu korkea lämpöä käyttävä uivuri. Voidaan olettaa, että viljakiloa kohden ison uivurin lämpöhäviöt ovat alhaisemmat kuin pienten uivureiden. Myöskään Työtehoseuran tilatutkimuksen uivureiden kunnosta, säätöjen optimaalisuudesta ja käytetystä kuivauslämmöstä ei ole tietoa. Kuitenkin Ahokkaan & Koiviston (1983) ja Peltolan (1985) arviot siitä, että kuivauslämmön nosto 10 °C:lla voisi laskea energiakulutusta 2,5 – 5 %, tukee tämän tutkimuksen tuloksia.



Kuva 7. Alipaineisen kuumailmauivurin öljynkulutus verrattuna Työtehoseuran tilatutkimuksen arvoihin (Peltola 1985). Vuonna 2000 ohralle mitattiin 5 erää, v. 2001 ohralle 8 erää ja kauralle 6 erää. Jana ilmaisee öljynkulutuksen keskihajonnan.

### 5.3.3.2 Lämpötilan noston vaikutus kuivausnopeuteen

Kun viljan kosteus oli alle 20 % kuivuri täyttyi keskimäärin 50 minuutissa, kuivaus kesti 3-5 tuntia (ohrat), jäähdytys noin 1 h 30 minuuttia ja tyhjennys 50 minuuttia. Matalammalla kuivausilman lämmöllä tyypillisen erän kokonaiskäsitelyaika oli noin 7 h ja 20 °C korkeammalla lämmöllä noin puoli tuntia lyhyempi. Korkeamman lämpötilan käyttö lisäsi näissä olosuhteissa kuivurin kapasiteettia noin 7 %. Viljan alkukosteuden ollessa korkeampi, saattaa ero olla suurempikin. Nyt likimain puolet kokonaisajasta kului kuivurin täyttöön, jäähdytykseen ja tyhjennykseen, joiden kestoon lämpötilan nostolla ei voida vaikuttaa. Mittausten mukaan kaura kuivui selvästi nopeammin kuin ohra. Parhaimmillaan 20 % kostea kauraerä kuivui alle kahden tunnin lämmityksellä tavoitekosteuteen.

### 5.3.3.3 Kuivaamoiden pölyisyys

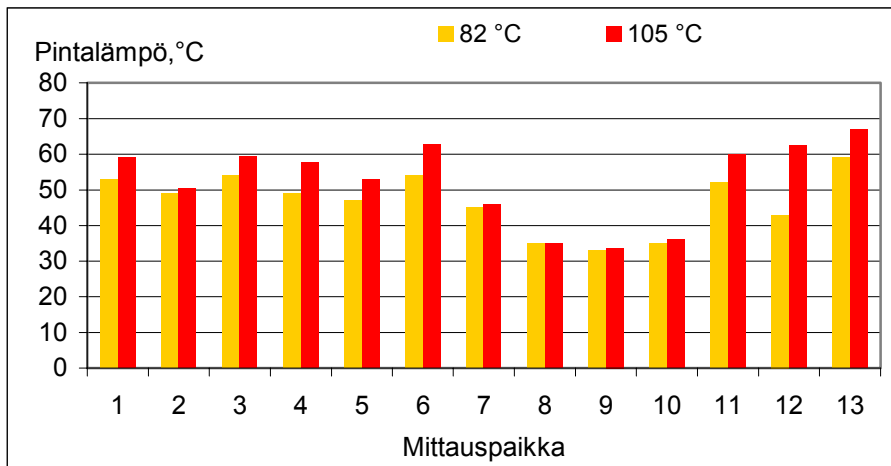
Alipainekuivurin ja MTT/Vakolan ylipainekuivurin sisäilman pölypitoisuudet olivat keskimäärin yhtä suuria, noin 2-3 mg/m<sup>3</sup> ilmaa. Sariolan ym. (1992) mukaan ihmisen hengitykselle haitallinen raja-arvo on 5 mg/m<sup>3</sup> ilmaa (HTP 8h-arvo). Vähemminkin pölymäärän aistii iholla kutittavana.

Alipainekuivuri oli melko vähäpölyinen kuivauksen aikana. Koska syksyllä 2000 täytön ja tyhjennyksen aikana ei voitu käyttää poistopuhaltimia, ilman pölypitoisuus nousi näissä vaiheissa. Kaatosuppilo on kuivurirakennuksen ulkopuolella, mutta väliseinässä olleiden reikien kautta kippauspölyä pääsi kuivurirakennukseen. Poistopuhaltimien käyttö täytön ja tyhjennyksen aikana olisi tärkeää myös siksi, ettei pölyä pääsisi leviämään uunin lämmönvaihtopinnoille ja uunihuoneeseen, kuten nyt tapahtui. Ehdotettujen korjausten jälkeen kuivurin pölypitoisuudet saadaan todennäköisesti hyvin alhaisiksi.

MTT/Vakolan kuivurissa pölypitoisuudet olivat yleensä hyvin alhaiset lukuun ottamatta ilmeisesti kippausyvennyksen täyttämisen aikana havaittua pölypitoisuuden nousua, mikä nostaa pitoisuuden keskiarvoa. MTT/Vakolan kuivuriin on lisätty pölypoistoimureita mm. kaatosuppilon päälle ja ylätasolle, mikä osaltaan selittää alhaisia tuloksia. Kaatosuppiloa ei tosin ole erotettu seinällä muusta kuivurirakennuksesta.

### 5.3.3.4 Kuivurin pintalämpötilat

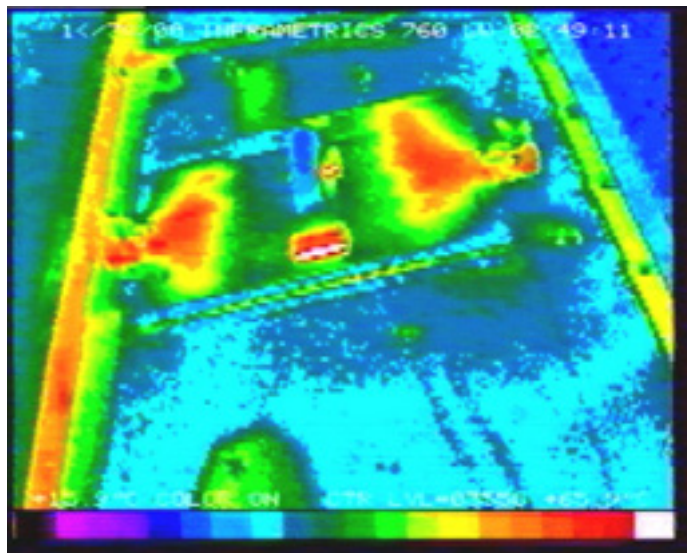
Keithley-termoparimittarilla mitatut kuivauskennoston pintalämpötilat on esitetty kuvassa 8. Mittauspaikat valittiin siten, että kuumimmat paikat tulisivat kartoitetuksi. Mittauspaikat 1-7 sijaitsivat kuivauskennojen keskellä alhaalta ylöspäin. Kohdat 8-10 sijaitsivat ylätason yläpuolella, eli yläelementissä. Mittauspaikat 11-12 kuvaavat pintalämpötiloja tuloilmaputkessa lähellä sen liittymistä kennostoon. Kohta 13 on taas kennoston pintalämpö aivan tuloilmaputken liittymiskohdan vieressä.



Kuva 8. Kuivauskennoston pintalämpötilat, kun kuivausilma oli 82 tai 105 °C. Kuivauslämpötilan 105 °C tulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja.

Missään mittauspaikassa tai millään mittauskerralla pintalämpötila ei saavuttanut 70 °C:tta. Kuumin kohta oli tuloilmaputken lähistöllä. Myös toiseksi ylin kenno (mittauspaikka 6) oli kuuma. Noin 20 °C:een ero kuivausilman lämmössä näkyi keskimäärin 5 °C:een erona pintalämpötiloissa.

Kuvassa 9 on esimerkki lämpökameralla otetusta kuvasta kuivauskennostossa olleesta huoltoluukusta. Siinä näkyy selvästi läpivientien aiheuttamia lämpövuotoja. Peltipintojen heijastus aiheutti kuitenkin usein sen, että lämpökameran kuvassa näkyi kameran käyttäjä tai kuivurirakennuksen viileä ulkokuori.



Kuva 9. Lämpökameralla otettu kuva kuivauskennoston suorakaiteen muotoisesta huoltoluukusta. (Kuva: Timo Lötjönen)

Heijastumien poistaminen tämänkokoisissa mittauskohteissa on hankalaa (nokeaminen, kalkitseminen tms.). Myös kuivurirakennuksen tilanahtaus haittasi kuvaamista. Kohteesta ei päässyt niin kauas, että koko kennoston kuvaaminen yhteen kuvaan olisi ollut mahdollista. Menetelmää kehittämällä olisi kuitenkin mahdollista selvittää yksittäisiä mittauksia kattavammin kohteen lämpötilaerot ja esimerkiksi tärkeimmät eristyskohteet.

Buren (1988) mukaan vehnän pölyn syttymislämpötila on 220 °C ja sekaviljan pölyn syttymislämpötila 230 °C, kun pöly on kerrostuneena kuumalla pinnalla. Siten kuumailmakuivurista mitatut pintalämpötilat ovat niin alhaisia, etteivät ne vaaranna kuivurin paloturvallisuutta. Pölyn leviäminen uunin lämmönvaihtopinnoille saattaa sen sijaan olla paloturvallisuusriski. Siksi olisi tärkeää, että poistoilmapuhaltimia käytettäisiin aina kuivuria täytettäessä ja tyhjennettäessä.

Standardissa SFS-EN 563 (1994) on arvioitu kuumien metallipintojen ihmisen paljaalle iholle aiheuttamaa palovammariskiä. Standardin mukaan palovamma voi syntyä, kun metallipinnan lämpötila on 65 - 70 °C ja kosketusaika 1 sekunti. Jos kosketusaika on pidempi, niin alhaisempikin lämpötila voi aiheuttaa palovamman, esimerkiksi 10 sekuntia 55 - 60 °C:ssa. Tutkitussa alipainekuivurissa pintalämpötilat jäivät yleensä 65 °C:een alle, joten palovammavaara ei ole kovin suuri. Silti kulkuteiden läheisyydessä olevat, työntekijän kosketukselle alttiit kuumat paikat olisi viisasta suojata.

### *5.3.3.5 Kuivausilman lämpötilan vaikutus viljan itävyyteen*

Tutkimuksen aineisto kerättiin alipaineisen kuumailmakuivurin mittausten yhteydessä. Vilja oli rehuikäyttöön tarkoitettua Saana ohraa ja Belinda kauraa. Tutkimuksen kohteena oli vuonna 2000 neljä ohraerää ja vuonna 2001 neljä kuivauserää, joista kolme erää oli ohraa ja yksi erä kauraa. Itävyys mitattiin lokakuussa 3x100 siemenen itävyyskokeena. Itävyyskokeen tarkoituksena oli selvittää, miten suuri osa tutkittavan siemenestä pystyy kehittämään normaalin terveen kasviyksilön, ja millaisia vaikutuksia kuivausilman lämpötiloilla oli itävyyteen.

Tutkimuksen tavoitteena oli mitata 70 – 100 C-asteisen kuivausilman lämpötilan vaikutuksia viljan itävyyteen. Kuivausilman lämpötilan asetukset eivät kuitenkaan pysyneet ennalta asetetuissa, vaan kuivauksessa mitatut toteutuneet lämpötilat olivat seuraavat:

#### **Vuonna 2000**

Erä 1 ohraa, lämpöasetus 70 °C, mitattu kuivausilman lämpö 82 °C, kierto nopeus normaali (50 Hz): 24,6 tn/h eli n. 0,7 kertaa/h

Erä 2 ohraa, lämpöasetus 100 °C, mitattu kuivausilman lämpö 112 °C, kiertonopeus normaali (50 Hz): 24,6 tn/h eli n. 0,7 kertaa/h

Erä 3 ohraa, lämpöasetus 90 °C, mitattu kuivausilman lämpö 101 °C, kiertonopeus normaali (50 Hz): 24,6 tn/h eli n. 0,7 kertaa/h

Erä 4 ohraa, lämpöasetus 90 °C, mitattu kuivausilman lämpö 101 °C, kiertonopeus nopea (75 Hz): 36 tn/h eli noin kerran tunnissa

### **Vuonna 2001**

Erä 1 ohraa, lämpöasetus 100 °C, mitattu kuivausilman lämpö 119 °C, viljan kiertonopeus normaali (50 Hz): 24,6 tn/h eli n. 0,7 kertaa/h

Erä 2 ohraa, lämpöasetus 100 °C, mitattu kuivausilman lämpö 119 °C, viljan kiertonopeus nopea (75 Hz): 36 tn/h eli noin kerran tunnissa

Erä 3 ohraa, lämpöasetus 75 °C, mitattu kuivausilman lämpö 98 °C, viljan kiertonopeus normaali (50 Hz): 24,6 tn/h eli n. 0,7 kertaa/h

Erä 4 kauraa, lämpöasetus 100 °C, mitattu kuivausilman lämpö 115 °C, viljan kiertonopeus nopea (75 Hz): 36 tn/h eli noin kerran tunnissa (suunniteltu kiertonopeus ei toteutunut)

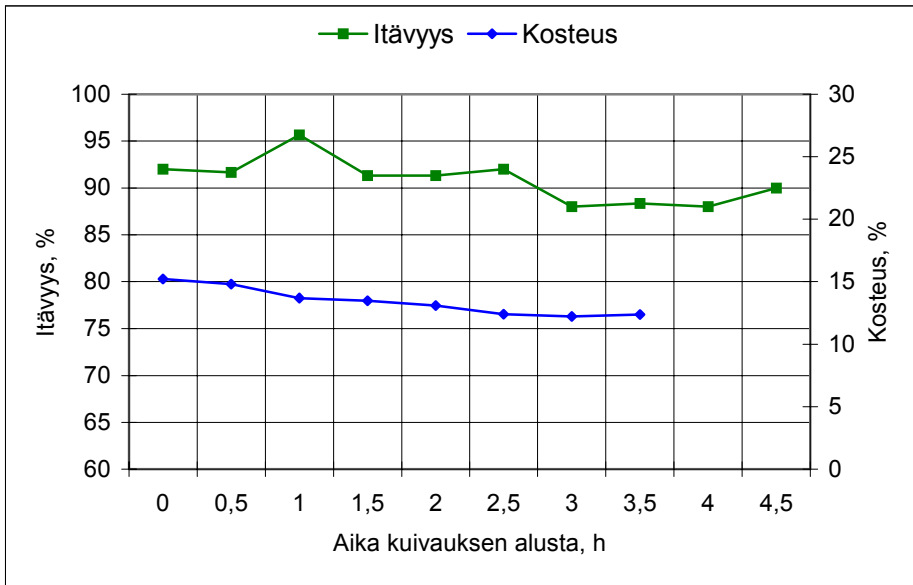
Vuoden 2001 kokeissa ohra kiersi kuivurissa säädettyjen asetusten mukaisesti, mutta kauran kierrätys oli ongelmallista, koska kauraerä oli kostea (35,8 %). Kaura oli osittain itänyt jo pellolla ja siksi se juuttui välillä syöttölaitteen alapuolelle ja sitä jouduttiin käsin työntämään liikkeelle.

Jokaisesta erän viljakuormista kerättiin yhteensä kolme näytettä edustavaa itävyysmäärittystä varten. Muut erän näytteet otettiin elevaattoriin johtavasta putkesta. Kolmen minuutin aikana otettiin puolen minuutin välein kourallinen viljaa, josta saatiin noin kilon painoinen näyte. Kuivurin jäähdytys kesti puolitoista, jopa kaksi tuntia. Jokaisen erän viimeinen näyte tai ainakin puolet siitä otettiin jäähdytyksen aikana. Kummastakin viljasta tehtiin itävyyskokeet kaikista näytteistä sadan siemenen kolmena kerranteena. Itävyyskokeet tehtiin Työtehoseuralla Rajamäellä.

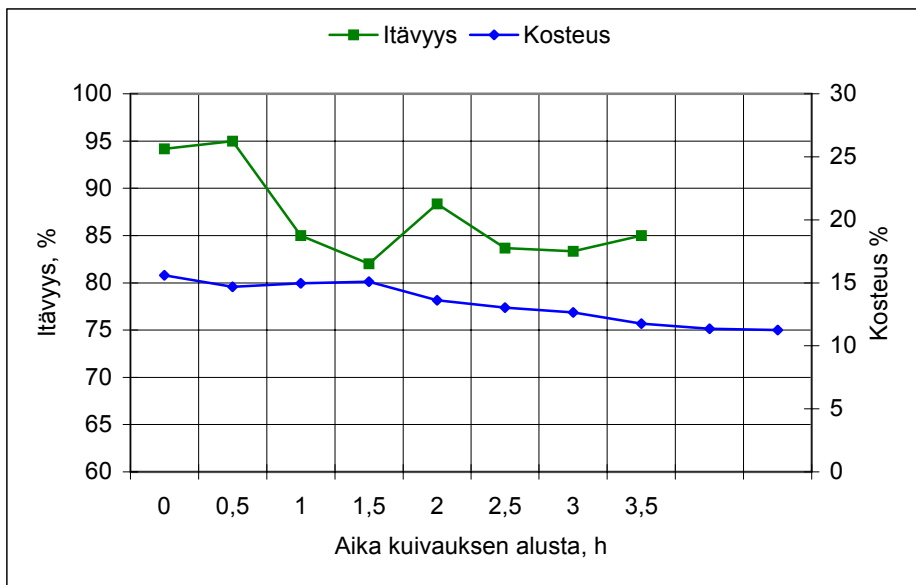
### **Itävyyskokeiden tulokset 2000**

Todelliset kuivauslämpötilat vuonna 2000 olivat 82 ja 112 C-asteen välillä. Itävyys ei missään vaiheessa laskenut alle 80 prosentin (kuvat 10 - 13). Tämä johtunee kuivattavien erien alhaisesta puintikosteudesta, joka oli 15 – 18 %:n välillä. Kokeissa todettua itävyyden menetystä ei kannata ehdoin tahdoin aiheuttaa, mikäli itävyydellä on merkitystä viljan jatkokäytössä. Alinta kuivausilman lämpötilaa käytettäessä itävyys säilyi parhaiten.

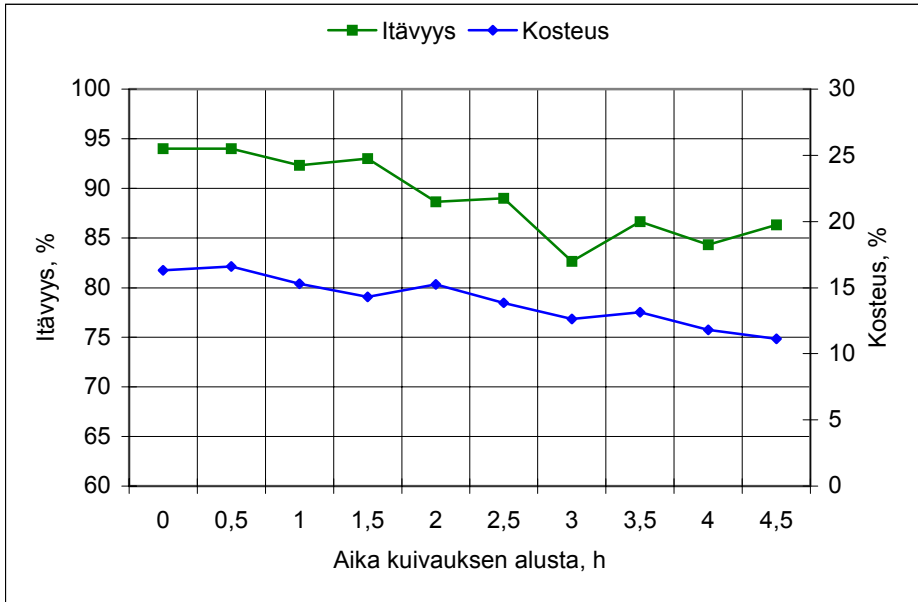




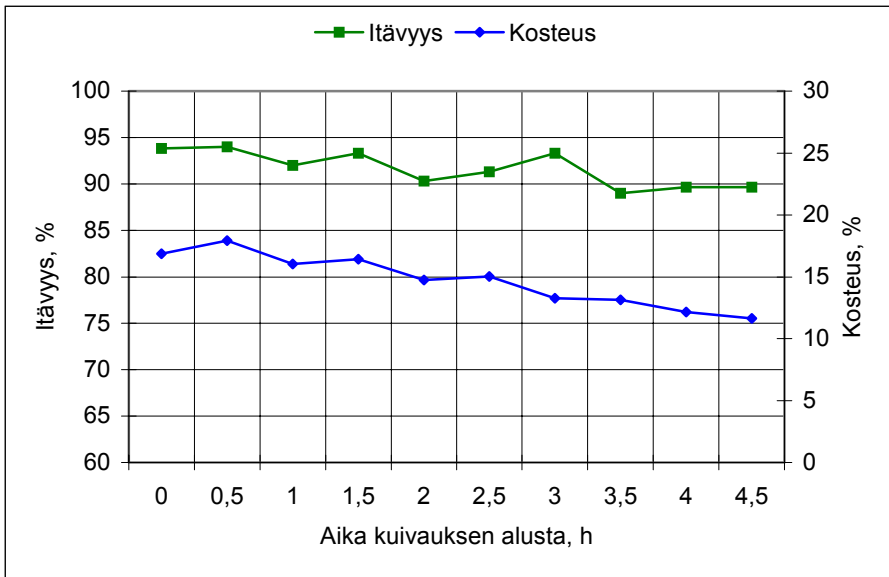
Kuva 10. Ohran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2000, erä 1. Mitattu kuivauslämpö 82 °C, kiertonopeus normaali.



Kuva 11. Ohran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2000, erä 2. Mitattu kuivauslämpö 112 °C, kiertonopeus normaali.



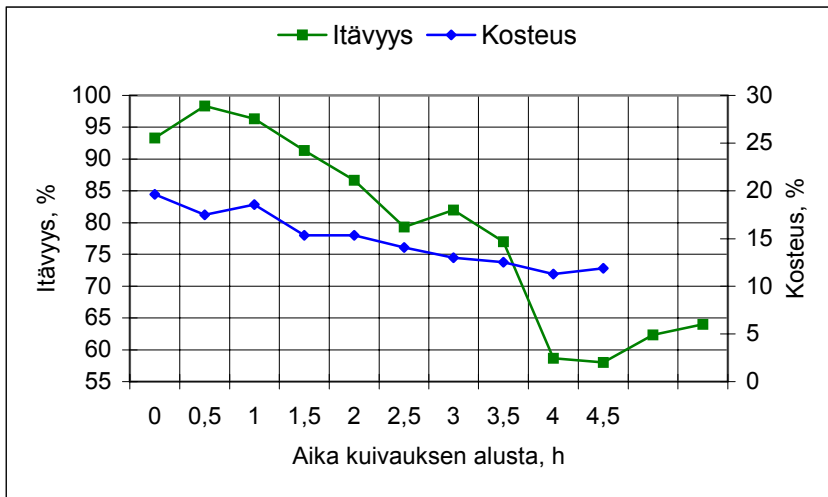
Kuva 12. Ohran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2000, erä 3. Mitattu kuivauslämpö 101 °C, kiertonopeus normaali.



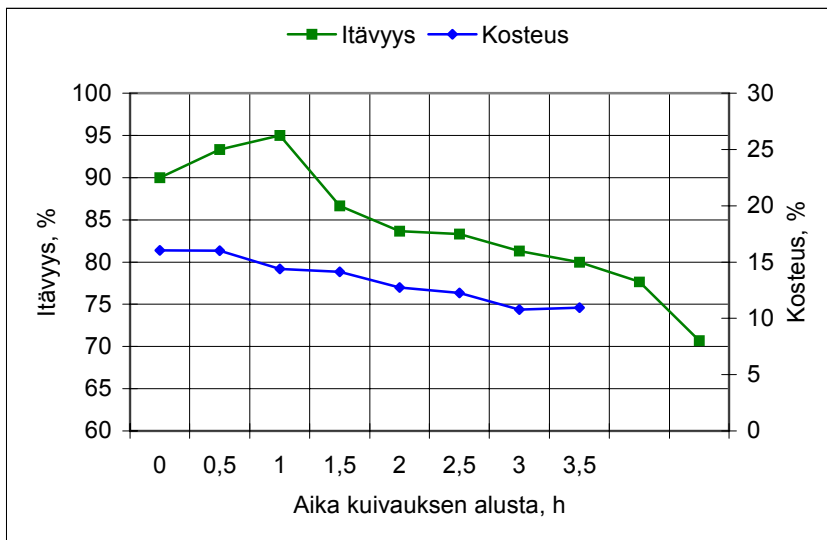
Kuva 13. Ohran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2000, erä 4. Mitattu kuivauslämpö 101 °C, kiertonopeus nopea.

## Itävyykskokeiden tulokset 2001

Myöskään vuonna 2001 kuumailmakuivaus ei alentanut ohran itävyyttä huomattavasti. Ensimmäisen ohraerän itävyys kuitenkin laski 96 prosentista 64 prosenttiin, kun kuivauslämpö oli 119 °C (Erä 1). Toisen erän kuivausilman lämpötila oli sama kuin ensimmäisen, mutta kiertonopeutta oli lisätty. Itävyys ei tällöin laskenut alle 70 prosentin (Erä 2). On kuitenkin huomattava, että viljan alkukosteus oli alempi kuin erän 1, vain 16 %.

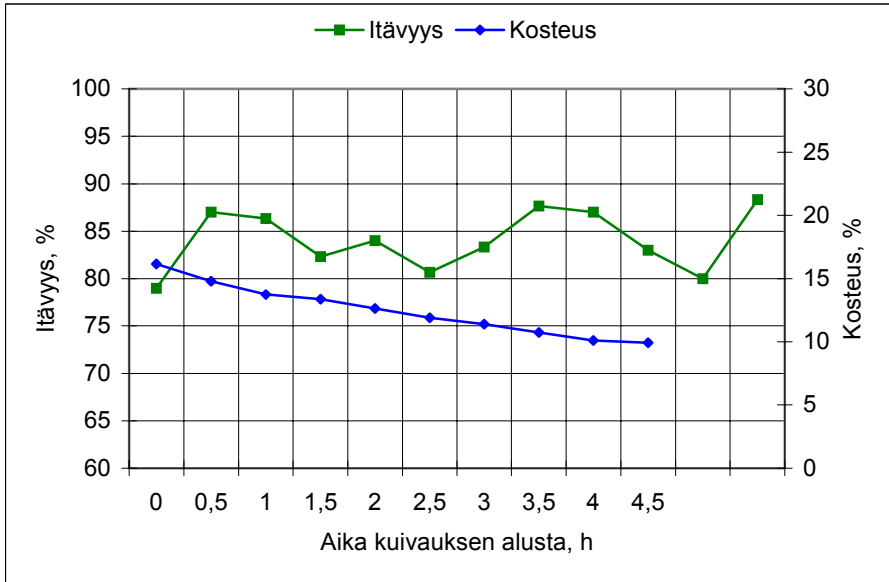


Kuva 14. Ohran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2001, erä 1. Mitattu kuivausilman lämpö oli 119 °C ja kiertonopeus normaali.

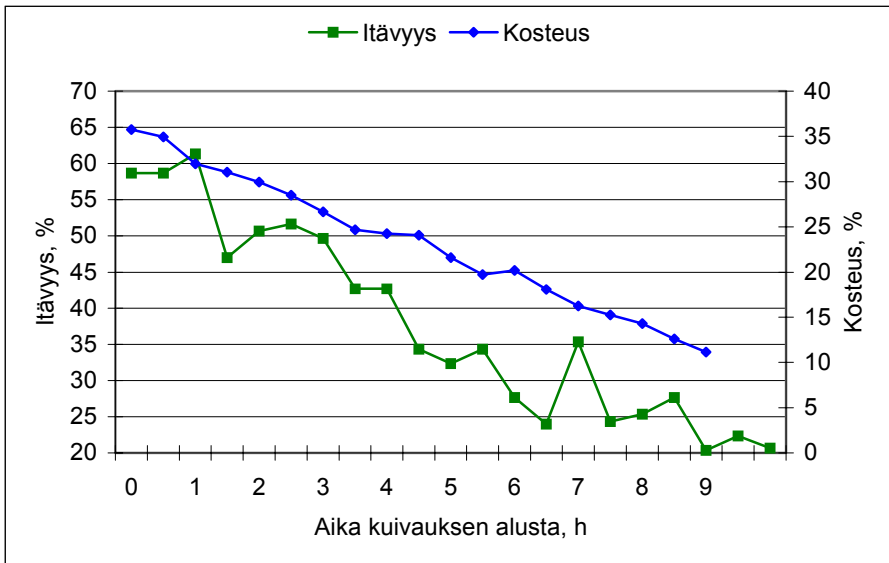


Kuva 15. Ohran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2001, erä 2. Mitattu kuivausilman lämpötila oli 119 °C ja kiertonopeus nopea.

Kolmannen ohraerän kuivausilman lämpötila säädettiin 20 astetta aiempaa alhaisemmaksi, jolloin lämpötilaksi mitattiin 98 °C. Itävyys ei alentunut kuivauksen aikana. Itävyyden kannalta turvallinen kuivausilman lämpötila voi siis olla varsin korkea, jos erän lähtökosteus on alhainen.



Kuva 16. Ohran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2001, erä 3. Mitattu kuivausilmanlämpö 98 °C ja kiertonopeus normaali.



Kuva 17. Kauran itävyys ja kosteus kuivauksen edetessä syksyllä 2001, erä 4. Mitattu kuivausilmanlämpö 115 °C ja kiertonopeus nopea.

Kauraerän itävyys oli suurelta osin menetetty jo pellolla kostean korjuusään takia. Kiertonopeus oli säädetty nopeaksi, mutta se ei toteutunut, koska kaurassa oli paljon ituja ja se oli erittäin kosteaa. Kuivausilman lämpötila oli 115 °C, ja se vaurioitti itävyyttä edelleen. Lopussa itävyys putosi 20 %:n tasolle. Viljan hidaskierto aiheutti todennäköisesti myös lisävaurioita.

### *5.3.3.6 Kuivausilman lämpötilan noston kannattavuus*

Pääsyy kuivausilman lämpötilan nostoon on kuivauksen tehostaminen. Korkeimmilla lämpötiloilla pyritään nopeampaan kuivaukseen, energian säästöön ja sitä kautta alhaisempiin yksikkökustannuksiin. Lämpötilan nosto ei kuitenkaan saa vaikuttaa haitallisesti kuivattavan viljan laatuominaisuuksiin.

Yli puolet suomalaisesta viljasta tuotetaan rehuksi, jossa itävyyden menettämisellä ei ole suurta merkitystä. Korkeat lämpötilat voivat päinvastoin olla esimerkiksi rehun sulavuudelle hyödyksi. Sen sijaan tuotettaessa leipäviljaa, mallasohraa tai siemenviljaa itävyyden säilyttämisestä tulee huolehtia viljelyn jokaisessa vaiheessa.

Näiden kokeiden perusteella voidaan todeta, että viljan itävyys laskee kuivausilmanlämpötilan noustessa. Ohran itävyys kuitenkin näyttäisi kestävän jonkin verran korkeampaa kuivausilman lämpöä kuin aikaisemmin on suositeltu. Kun alkukosteus oli alle 20 %, itävyys ei vielä merkittävästi laskenut, jos kuivausilman lämpötila oli 80 - 100 °C. Kun kuivausilman lämpö oli yli 100 °C, itävyyden lasku oli selvää. Nopeampi kiertonopeus säilytti itävyyden paremmin kuin hitaampi kiertonopeus (taulukko 7). Jos kuivausilma oli selkeästi liian kuumaa, kiertonopeutta nostamalla ei kuitenkaan voitu estää itävyyden menetystä. Mikäli itävyys on tärkeä laatuominaisuus ja viljan pintikosteus on suuri, kuivauslämpötilaa ei kannata nostaa liikaa.

Tehtyjen kokeiden suurin puute lienee siinä, ettei itävyyksmittauksiin sattunut yhtään märkää, kosteudeltaan yli 20 % ohraerää. Tästä voidaan kiittää syksyjen 2000-2001 hyviä pintisäitä. Kokeissa oli myös melko vähän viljaeriä, jotka olisi kuivattu samoilla kuivausasetuksilla ja joiden lähtökosteus olisi ollut sama. Lisäksi tulokset ovat tietyllä kuivurimallilla ja -koolla saatuja, joten niiden yleistämisessä muun tyyppiin kuivausoloihin kannattaa olla varovainen. Nämä ovat tyypillisiä maatilakokeiden ominaisuuksia: toisaalta saadaan tarkkaa tutkittua tietoa reaali maailmasta, mutta toisaalta ei voida olla täysin varmoja siitä, minkälaisia tulokset olisivat olleet toisenlaisissa oloissa.

Jos nämä erät olisi kuivattu aikaisempien kuivausohjeiden mukaan, kuivausilman lämpötila olisi saanut olla 54 – 74 °C. Tällöin myös energiaa olisi kulunut 10 - 20 % enemmän. Kuivausilman lämpötila ei kuitenkaan ole ainoa itävyyttä alentava tekijä, vaan korjuuolot, pintikosteus ja puimurin säädöt voivat myös huonontaa itävyyttä.

Taulukko 7. Tutkittujen viljaerien itävyyden muutos.

Erä	Puinti- kosteus, %	Todelli- nen kuivaus- ilman- lämpö- tila, ° C	Kierto- nopeus, krt/h	Itävyys, %		Itävyyden muutos, %- yksikköä
				Ennen kuivaus- ta	Kuiva- uksen jälkeen	
Vuosi 2000						
Ohra	15,6	82	0,7	92	90	-2
Ohra	15,2	112	0,7	94	85	-9
Ohra	16,3	101	0,7	94	86	-8
Ohra	16,9	101	1	94	90	-4
Vuosi 2001						
Ohra	19,6	119	0,7	91	64	-27
Ohra	16,0	119	1	90	71	-19
Ohra	16,2	98		82	88	+6
Kaura	35,8	115	vaihteli	59	21	-38

## 5.4 Keskitetty viljan kuivausmalli

Suuri kuivaustarve on merkittävä viljantuotannon kustannuksia lisäävä tekijä. Vilja joudutaan korjaamaan suhteellisen lyhyessä ajassa, ja kuivauksen on tapahduttava lähes samassa tahdissa puinnin kanssa. Tehokas koneistus on välttämätön, jotta vilja saadaan talteen myös epäedullisina vuosina. Pääomakustannukset muodostavat yhä suurimman osan kuivauksen kustannuksista, vaikka öljyn hinnan nousu on nostanut myös muuttuvia kustannuksia.

Tehokkaimmin kuivauksen kustannuksia voidaan alentaa kustannusrakenteen pääomavaltaisuuden vuoksi yksikkökokoja kasvattamalla ja kuivurin käyttöaikaa lisäämällä. Yksittäisen tilan mahdollisuudet lisätä viljantuotantoa ovat rajalliset, vaikka tilakoko onkin kasvanut. Suurimmalla osalla tiloista peltopinta-ala on edelleen alle 25 ha (Maatalouslaskenta 2000). Siirtämällä kuivaus alueellisesti toimiviin, esimerkiksi liikkeiden omistamiin yksiköihin, voidaan kuivauskapasiteetti saada tehokkaampaan käyttöön. Suurissa yksiköissä voidaan myös hyödyntää pienissä yksiköissä kannattamattomia energiansäästötekniikoita. Viljelijöiden kannalta toimintamallilla voidaan saavuttaa selviä säästöjä, kun viljankuivaukseen ei tarvitse investoida. Suomessa erityyppisiä keskitettyjä kuivausmalleja toteuttavat rehujakeita jalostava Botnia Grain Oy ja viljan käsittelyyn ja varastointiin erikoistunut Suomen Viljava Oy (entinen Avena Siilot Oy).



Kuva 18. Rahtikuivauksen käyttö on edullinen viljankuivaustapa monelle pienelle ja keskisuurelle viljatilalle. (Kuva: Timo Lötjönen)

Taulukko 8. Kuivattavan viljan osuus sadosta eräissä Euroopan maissa (Järvenpää 1998).

Maa	Viljan kuivaustarve, %	Puintikosteus, %
Suomi	100	26
Ruotsi	95	21
Tanska	30 - 50	18
Saksa	20 - 40	16

Muulla Euroopassa keskitetty kuivaus on yleistä, mutta olosuhteet ovat myös erilaiset. Viljan puintikosteus on alhaisempi, ja vain osa sadosta joudutaan kuivaamaan (taulukko 8). Esimerkiksi Tanskassa on arvioitu, että vain 30 - 50 % kaikesta korjatusta viljasta joudutaan kuivaamaan keskimäärin 18 % kosteudesta (Järvenpää 1998). Ruotsissa suurin osa viljasta joudutaan kuivaamaan, ja viljan kuivaus keskitetysti vastaanottopisteissä on yleisempää kuin Suomessa. Myös Norjassa keskitetty kuivausmalli on yleinen (Peltola 1989). Norjassa vilja välivarastoidaan tiloilla kylmäilmakuivureissa.

#### 5.4.1 Suomen Viljava Oy

Suomen Viljava (ent. Avena Siilot Oy) on tarjonnut kuivauspalvelua Koriolla ja Kouvolassa sijaitseissa teollisuuskuivureissa jo reilun kymmenen vuoden

ajan. Asiakkaina on ollut vuosittain noin 200 tilaa ja sopimuksia on laadittu yhteensä 10 000 - 12 000 viljatonnista (Holkko 2002). Pääasiassa kuivataan rehuviljaa, mutta myös mallasohraa, rypsiä ja leipävehnää on kuivattu. Syksyllä 2002 aloitettiin kuivauspalvelu myös Seinäjoella.

Kuivurit ovat jatkuvatoimisia, suorälämmityksellä eli ilman lämmönvaihdinta toimivia. Polttoaineena käytetään maakaasua. Suomessa maataloilla käytettävät lämminilmakuivurit ovat pääosin eräkuivureita, joissa yhtä viljaerää kierätetään kuivauskennoissa. Jatkuvatoimisessa kuivurissa vilja kuivuu kerralla kulkiessaan kuivurin läpi. Jäähdytys tapahtuu kuivurin alaosan jäähdytyskennoissa.

Jatkuvatoimisessa kuivurissa kuivausta ei tarvitse keskeyttää täytön ja tyhjennyksen ajaksi, vaan kuivattavaa viljaa voidaan lisätä jatkuvasti. Haluttuun loppukosteuteen päästään kuivurin tyhjennysnopeutta ja/tai kuivauslämpötilaa säätämällä. Hyvin kosteita eriä ei kuitenkaan voida kuivata yhdellä läpi-ajolla, sillä liian nopea kuivaus saattaa johtaa jyvien halkeilemiseen. Jatkuvatoimiset kuivurit eivät ole meillä yleistyneet maataloilla, koska puintikosteus on usein liian korkea.

Seinäjoelle rakennetun kuivurin tilavuus on  $93 \text{ m}^3$ , josta kuivausosan osuus on  $60 \text{ m}^3$ . Kuivurin kapasiteetti on 22 % kosteudesta 14 % kosteuteen kuivaustaessa 22 tonnia tunnissa, kun kuivauslämpötila on  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Valmistaja ilmoittaa kuivurin energiankulutukseksi  $4,32 \text{ MJ/haihdutettu vesikilo}$ . Vuonna 2002 kuivatun viljan kosteus vaihteli 15 - 28 %. Kuivauksessa käytettiin  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ :n kuivauslämpötilaa. Vilja otetaan ensin jäähdytysiloihin, joihin voidaan varastoida seitsemässä eri siilossa yhteensä 350 - 400 tonnia viljaa. Siiloissa on koneellinen jäähdytys. Jäähdytysiloista viljaa siirretään kuivuriin kuivauksen edistyessä. Loppukosteutta mitataan jatkuvasti oikean kosteuspiitoisuuden saavuttamiseksi. Seinäjoella kuivattiin ainoastaan rehuviljaa, jolloin eränvaihtoja ei jouduttu tekemään, ja kuivuri oli tehokkaassa käytössä koko toiminta-ajan (Koponen 2002).

#### **5.4.1.1 Keskitetyn kuivauksen tarve**

Suomen Viljavan Seinäjoen teollisuuskuivurin rakentamista edelsi markkina-kartoitus syksyllä 2001, joka osoitti kysyntää olevan riittävästi keskitetylle viljankuivaukselle. Kyselyn teki Ilmajoen maatalousoppilaitos, ja se lähetettiin 1416 viljelijälle 17 kunnan alueelle noin 80 kilometrin säteelle Seinäjoelta. Seuraavassa kyselyn tuloksia koottuna Erkki Holkon aiheesta laatimasta raportista ”Teollisuuskuivurihanke Etelä-Pohjanmaalle” (Holkko 2001).

Kysely kohdistettiin yli 10 hehtaarin tiloille, joiden päätuotantosuuntana oli viljanviljely. Mukaan otettiin Pohjanmaan alueelta Isokyrö, Laihia ja Vähäkyrö, koska ne sopivat sijainniltaan hyvin tähän alueeseen ja ovat lisäksi voimakkaita viljanviljelyalueita. Kyselyjä palautettiin 373 kpl (26,3 %).



Noin 26 prosenttia kyselyyn vastanneista oli valmis kuivauttamaan osan tai kaiken tuottamastaan rehuviljasta suunnitellussa teollisuuskuivurissa. Kiinnostuneimpia olivat 10 - 20 peltihehtaarin tilat, joiden kohdalla osuus noin 42 prosenttia. Kokoluokassa 41 - 60 hehtaaria kiinnostus oli vähäisintä, mutta tätä isommilla tiloilla prosentuaalisesti tarkastellen halukkuus jälleen lisääntyi. Koska tilamäärä näissä luokissa oli melko pieni, kysymys oli yksittäisistä kiinnostuneista tiloista. Yli 100 hehtaarin tiloilla kuitenkin jo 30 prosenttia pitää mahdollisena teollisuuskuivurin käyttöä (taulukko 9).

Taulukko 9. Valmius kuivata teollisuuskuivurissa suhteessa peltopinta-alaan (Holkkio 2001).

Peltopinta-ala, ha	Valmius kuivata teollisuuskuivurissa % kysymykseen vastanneista		
	Kyllä	Ei	n
10-20	42,2	57,8	128
21-30	29,7	70,3	64
31-40	22,6	77,4	53
41-50	6,7	93,3	30
51-60	8,3	91,7	12
61-70	16,7	83,3	12
71-80	11,1	88,9	9
81-90	12,5	87,5	8
91-100	33,3	66,7	3
>100	30	70	10

Kaiken kaikkiaan hieman yli puolet (54 %) alueen viljasta kuivattiin kyselyä tehtäessä tilojen omissa kuivureissa, rahtikuivureissa 29 prosenttia, yhteiskuivureissa 12 prosenttia ja muissa (esim. maamiesseurojen kuivureissa) 4 prosenttia. Pienten tilojen kiinnostus keskitettyyn kuivaukseen on ymmärrettävää, koska rahtikuivauksen käyttö oli yleisintä 10-20 hehtaarin rehuviljaloilla, joista noin puolet kuivattiin vuokrakuivurissa. Tilat, joilla rehuviljaa oli yli 60 hehtaaria, kuivasivat kaiken tuottamansa rehuviljan omissa kuivureissa. Suurimpien tilojen kiinnostuksen kuivauspalveluun arveltiin johtuvan kuivauskapasiteetin riittävyyden varmistamisesta.

Pääosin tilat, joilla oli oma hyväkuntoinen kuivuri, eivät luonnollisestikaan olleet kiinnostuneet keskitetyn kuivauksen mahdollisuudesta. Muista perusteluista yleisin oli liian pitkä kuljetusmatka, mikä varmasti myös käytännössä on tärkein keskitetyn kuivauksen järjestämistä hankaloittava tekijä. Koriolla on kokeiltu pitkillä matkoilla myös viljan kuljetusta pellolta kuorma-autolla käyttämällä vaihtolavaa. Autoilija jättää tyhjän vaihtolavan pellon reunalle ja hakee sen pois, kun se on puitu täyteen. Viljelijät ovat olleet tyytyväisiä menettelyyn.

Rahtikuivausta ilmoitti tekevänsä 35,5 prosenttia kuivurin omistajista. Kyselyssä selvitettiin myös, miten paljon rahtikuivauksen tekemiseen oli kiinnostusta. Rahtikuivausta jo harjoittavien ohella halukkuutta ei juuri ollut, ja osa jopa kuivasi rahtina, vaikkei kiinnostusta siihen ollut. Rahtikuivaus ei kyselyn perusteella tule ainakaan lisääntymään alueella. Kyselyn tulosten perusteella tehtyjen laskelmien mukaan rehuviljaa oltiin valmiita toimittamaan suunniteltuun teollisuuskuivuriin 7 488 tonnia, jota pidettiin riittävänä kuivurin rakentamiselle Seinäjoelle.

Kuivuri valmistui syksyllä 2002. Ensimmäiselle vuodelle sopimuksia ei kuitenkaan vielä ehditty tehdä, ja se oli oikeastaan kuivurin koekäyttöä. Kuivurissa kuivattiin kuitenkin noin 2 000 tonnia rehuviljaa (Koponen 2002).

### **5.4.2 Botnia Grain Oy**

Kauhavalla vuodesta 1999 toiminut Botnia Grain Oy jalostaa kosteasta viljasta kypsennettyjä rehujakeita rehuteollisuudelle ja kotieläintiloille. Prosessissa vilja kuumennetaan rumpukuumentimessa 130-140 asteiseksi, minkä jälkeen vilja valssataan tai murskataan kuumana. Prosessiin kuluva aika riippuu viljan kosteudesta ja voi vaihdella 1-10 minuuttiin. Lämmönlähteenä käytetään propaanikaasua. Kypsennyksellä pyritään parantamaan rehun sulavuutta ja rehuarvoa sekä rehun hygieenistä laatua. Pääasiassa tehdas käyttää ohraa, mutta myös jonkin verran kauraa, jolloin käsittelyn yhteydessä poistetaan myös suuri osa kuorista.

Botnia Grainissa on käytössä tanskalainen lämpökäsittelylaitteisto, jonka ydinosat ovat vaakatasossa sijaitsevat lieriömäiset polttokammio ja pyörivä kuivausrumpu. Pituutta laitteistolla on noin kahdeksan metriä. Polttokammio ja kuivausrumpu ovat suorassa yhteydessä toisiinsa, ja polttokaasut menevät kuivausilman joukkoon. Vilja syötetään kuivausrummun alkupäähän, josta se liikkuu rummun pyörimisliikkeen, säädettävän kallistuksen ja rummun seinämässä olevien siivekkeiden kuljettamana rummun läpi toiseen päähän. Siivekkeet nostavat viljan rummun yläosaan, josta se putoaa alas ollen jatkuvassa liikkeessä koko prosessin ajan. Prosessi on jatkuvatoiminen. Laitteistosta on olemassa kolme mallia, joiden tehoiksi valmistaja ilmoittaa 10, 20 ja 30 tn/h kuivattaessa vilja 20 prosentista 16 prosentin kosteuteen. Alkukosteuden nousu yli 20 prosentin vähentää kapasiteettia jyrkästi.

Kuivausprosessi on energiataloudellinen, sillä se tehdään korkeassa lämpötilassa nopeasti. Valmistajan mukaan laitteiston energiankulutus on 3,3 – 3,8 MJ haihdutettavaa vesikiloa kohti. Tavallisessa viljankuivurissa luku on normien mukaisella öljynkulutuksella (125 g/haihdutettava vesikilo) n. 5,4 MJ (Peltola 1988).

Prosessia varten viljan kosteuden pitää olla vähintään 17 prosenttia. Kuivempi vilja joudutaan kostuttamaan. Tehtaan toiminta-ajatukseen kuuluu, että mahdollisimman suuri osa käytettävästä viljasta ostetaan puintikosteana. Yli 25 prosenttia kosteampaa viljaa tehtaalla ei oteta vastaan, koska prosessi hidastuu eikä kosteaa viljaa voida säilyttää varastossa.

#### 5.4.2.1 Kysely sopimusviljelijöille

Botnia Grainin asiakaskuvaa selvitettiin sopimusviljelijöille lähetetyllä kirjekyselyllä, jossa kerättiin tietoa viljantoimituksista Botnia Grainiin vuonna 2000. Kysely lähetettiin 75 viljelijälle ja vastauksia tuli 35 kpl eli 47 prosenttia. Suurin osa tiloista oli kasvinviljelytiloja, kotieläintuotantoa oli 8 tilalla ja perunanviljelyä 6 tilalla. Tilojen keskimääräinen viljelyala oli 49 ha, josta viljanviljelyssä keskimäärin 36 ha. Yli 90 prosenttia kyselyyn vastanneista tiloista toimitti vuonna 2000 Botnia Grainiin kuivaamatonta viljaa. Pääosa viljasta vietiin suoraan pellolta puintikosteana, muutamalla tilalla viljaa kuivattiin ensin kylmäilmakuivurissa. Puintikostean viljan toimitusmäärät vaihtelivat 5 tonnista 200 tonniin. Keskimääräinen toimitusmäärä oli 47 tonnia/tila (taulukko 10). Noin 31 prosenttia tiloista myi Botnia Grainiin myös kuivattua viljaa kuivaamattoman viljan ohella. Kuivan viljan toimitusmäärä oli keskimäärin noin 100 tonnia/tila. Kaiken kaikkiaan kyselyyn vastanneilta tiloilta toimitettiin Botnia Grainiin viljaa 2,6 miljoonaa kg, josta noin puolet kuivaamattomana ja puolet kuivattuna.

Taulukko 10. Kyselyyn vastanneiden tilojen Botnia Grainiin puintikosteana toimittamat viljamäärät.

Toimitusmäärä, tn	% vastanneista (n = 32)
<10	6,3
10-50	62,5
50-100	28,1
>100	3,1
Pienin toimitus, tn	4,7
Suurin toimitus, tn	210

Noin 43 prosentilla tiloista ei ollut minkäänlaista kuivuria. Lämminilmakuivuri oli 34 prosentilla ja kylmäilmakuivuri 29 prosentilla tiloista. Kuivurit olivat melko iäkkäitä, lämminilmakuivureiden keski-ikä oli 18 vuotta ja puolet kuivureista oli yli 20 vuotta vanhoja. Kuivurin puuttuminen tai sen ikä ja riittämätön kapasiteetti olivatkin yleisimmin mainitut syyt viljan toimittamiselle Botnia Grainiin. Useimpien tilojen kuivurit olivat jo niin vanhoja, että käytännössä vaihtoehtona Botnia Grainiin toimittamiselle oli joko uuden kuivurin rakentaminen tai kuivauttaminen rahtina. Rahtina kuivauttaminen

oli myös yleisin käytäntö tiloilla ennen mahdollisuutta toimittaa viljaa Botnia Grainiin. Sitä mainitsi käyttäneensä 40 prosenttia tiloista (taulukko 11).

Taulukko 11. Viljan käsittely tiloilla ennen Botnia Grain –toimitusta.

Käsittelytapa	% vastanneista (n = 30)
Lämminilmakuivaus (oma kuivuri)	36,7
Kylmäilmakuivaus	10,0
Myynti kuivaamatta toiselle viljelijälle	3,3
Myynti kuivaamatta muihin viljaliikkeisiin	3,3
Kuivaus rahtina	40,0
Tuoresäilöntä	6,7

Puintikostea vilja vietiin lähes poikkeuksetta suoraan pellolta ilman välivarastointia. Tällainen on kaikkein edullisin tilanne silloin, kun kuljetusmatkaan ei kulu kohtuuttomasti aikaa, ja kuljettamista voi hoitaa eri henkilö kuin puintia. Toistaiseksi Botnia Grainin vastaanottokapasiteetti on riittänyt myös kii-reisimpinä puintisesonkeina. Vilja on tehtaan toimintavuosina korjattu melko kuivana, eikä viljan kuumeneminen ole ollut ongelma tehtaan päässä, vaikka puintikostea viljaa olisi jouduttu säilyttämään varastossa lyhyitä aikoja. Tehtaan kannalta olisi toivottavaa, että viljaa voitaisiin välivarastoida tiloilla ruuhkahuippujen ajaksi. Myös silloin, kun viljaa kuljetetaan kauempaa, saattaa välivarastointi tilalla olla välttämätöntä. Kuljetusmatka oli suurimmalla osalla kyselyn tiloista alle 15 km (taulukko 12).

Taulukko 12. Viljan kuljetusmatka tiloilta Botnia Grainiin.

Kuljetusmatka, km	% vastanneista (n = 33)
0-5	24,2
5-10	21,2
10-15	27,3
15-20	12,1
20-25	6,1
>25	9,1

#### 5.4.2.2 Eri viljankäsittelyvaihtoehtojen kustannusvertailu

Keskimääräiselle Botnia Grainiin viljaa toimittaneelle tilalle (viljantuotanto 140 tonnia vuodessa) laskettiin viljankäsittelyn eri vaihtoehtojen kustannukset. Kyselyn mukaan viljan keskimääräinen puintikosteus oli vuonna 2000 noin 19 prosenttia. Vertailulaskelmat tehtiin kuitenkin 25 prosentin puintikosteudessa, koska se on lähempänä normaalia tilannetta. Vaihtoehdot ovat lämminilmakuivaus omalla kuivurilla, viljan toimitus suoraan pellolta puintikosteana, välivarastointi kylmäilmakuivurissa ja toimitus 17 prosentin kosteudessa, välivarastointi ilmatiiviissä siilossa (toimituskosteus 25 prosenttia) sekä rahtikuivaus. Laskelmissa oletetaan, että myös omalla kuivurilla kuivatut ja rahtikuivatut vilja toimitetaan Botnia Grainiin, jotta laskelmat ovat ver-

tailukelpoisia. Kustannukset sisältävät kaikki viljan käsittelystä aiheutuvat kustannukset mukaan lukien viljan siirtelyyn liittyvät työt ja kuljetus Botnia Grainiin. Säilöntätappiota ei ole tarkastelussa huomioitu. Eri vaihtoehtojen kannattavuutta laskettiin 140 tonnin viljantuotannon lisäksi 200 ja 400 tonnin vuotuisella viljantuotannolla. Kustannukset on esitetty taulukossa 13. Kaikki kustannukset on laskettu arvonlisäverottomin hinnoin.

Taulukko 13. Eri viljankäsittelyvaihtoehtojen kustannukset, kun viljaa toimitetaan Botnia Grainiin\*.

	Välivarastointi tilalla				
	Toimitus puintikos- teana	Kylmäil- makui- vuri	Ilmatiivis siilo	Rahti- kuivaus	Lämminil- makui- vaus
<b>Viljamäärä 140 000 kg</b>					
Kiinteät kustannukset		2,0	2,8	0,0	4,4
Muuttuvat kustannukset					
Työ (sis. traktorityötunnit):					
-kuljetus Botnia Grainiin	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7
-muu työ (lastaus, kuivatus ym.)		1,3	0,7	0,3	0,6
Öljy, sähkö, rahtikuivaus		0,1	0,0	2,4	1,2
Muuttuvat kustannukset yhteensä	0,8	2,1	1,5	3,4	2,5
Kosteuden perusteella tehtävä hintakorjaus	2,3				
<b>Kustannukset yhteensä</b>	<b>3,2</b>	<b>4,1</b>	<b>4,4</b>	<b>3,4</b>	<b>6,9</b>
<b>Viljamäärä 200 000 kg</b>					
Kiinteät kustannukset	0,0	1,9	2,1	0,0	3,3
Muuttuvat kustannukset					
Työ (sis. traktorityötunnit):					
-kuljetus Botnia Grainiin	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7
-muu työ (lastaus, kuivatus ym.)		1,3	0,7	0,3	0,6
Öljy, sähkö, rahtikuivaus		0,1	0,0	2,4	1,1
Muuttuvat kustannukset yhteensä	0,8	2,1	1,5	3,4	2,4
Kosteuden perusteella tehtävä hintakorjaus	2,3				
<b>Kustannukset yhteensä</b>	<b>3,2</b>	<b>4,0</b>	<b>3,6</b>	<b>3,4</b>	<b>5,8</b>
<b>Viljamäärä 400 000 kg</b>					
Kiinteät kustannukset		2,3	1,2	0,0	2,2
Muuttuvat kustannukset					
Työ (sis. traktorityötunnit):					
-kuljetus Botnia Grainiin	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7
-muu työ (lastaus, kuivatus ym.)		0,9	0,7	0,3	0,5
Öljy, sähkö, rahtikuivaus		0,2	0,0	2,4	1,1
Muuttuvat kustannukset yhteensä	0,8	1,8	1,5	3,4	2,3
Kosteuden perusteella tehtävä hintakorjaus	2,3				
<b>Kustannukset yhteensä</b>	<b>3,2</b>	<b>4,0</b>	<b>2,8</b>	<b>3,4</b>	<b>4,5</b>

\*Laskelmissa käytetty puintikosteus on 25 %. Toimitus puintikosteana tapahtuu suoraan pellolta. Käytettäessä kylmäilmakuivuria välivarastona viljaa kuivataan 17 % kosteuteen. Rahtikuivattu vilja viedään tehtaalle suoraan rahtikuivurista. Kuljetukseen on käytetty kaikissa vaihtoehdoissa omaa traktoria ja perävaunua.

Lämminilmakuivauksen kustannukset ovat korkeat etenkin pieniä viljamääriä käsiteltäessä. Viljan toimittaminen puintikosteana suoraan pellolta tehtaalle on edullinen vaihtoehto viljankäsittelyyn varsinkin pienehköillä, mutta myös kohtalaisen suurilla viljantuotantomäärillä. Tällöin viljan kuivaaminen ja varastointi eivät sido pääomaa, eikä viljaa tarvitse käsitellä useaan kertaan. Lämminilmakuivauksen kiinteät kustannukset alenevat selvästi yksikkökoon kasvaessa. Pienimmällä viljamäärällä kiinteät kustannukset ovat 4,4 snt/kg ja laskelman suurimmalla viljamäärällä 2,2 snt/kg. Kuivauksen kokonaiskustannukset ovat pienimmällä ja suurimmalla viljamäärällä vastaavasti noin 6,9 snt/kg ja 4,5 snt/kg. Työn ja kuljetusten yhteenlaskettu osuus muodostaa tässä laskelmassa yli puolet muuttuvista kustannuksista.

Suoraan pellolta Botnia Grainiin toimitettaessa viljelijälle syntyy kustannuksia vain kuljetuksesta. Kuljetuskustannus 0,8 snt/kg muodostuu traktorin ja perävaunun kustannuksista ja kuljettajan palkasta. Kuljetusmatkana käytettiin keskimääräistä kyselyssä ilmoitettua kuljetusmatkaa, joka oli 13 km. Laskelmassa otettiin huomioon viljan kosteusprosentti, joka vaikuttaa kuljetettavaan viljamäärään. Puintikosteaa viljan hintaan tehdään lisäksi kosteusvähennys, joka oli vuoden 2000 hinnoitteluperusteiden mukaan 2,3 snt/kg 25 prosenttisesti viljasta.

Laskelmien mukaan myös viljan välivarastointi tilalla joko kylmäilmakuivurissa tai ilmatiiviissä siilossa, joista vilja voidaan toimittaa normaalia kaupparajaa (14 prosenttia) kosteampana, on omaa lämminilmakuivausta edullisempaa. Suurimmalla viljamäärällä kylmäilmakuivauksen ja lämminilmakuivauksen kustannusten ero ei tosin ole kovin suuri. Sen sijaan ilmatiiviissä siilossa tapahtuvan välivarastoinnin kustannukset ovat huomattavasti lämminilmakuivausta pienemmät.

Rahtikuivauskorvauksen perusteena käytettiin Työtehosteuran maatalouskoneurakointihinnoista tekemän kyselytutkimuksen tuloksia (Laaksonen & Pentti 2001). Rahtikuivauksen kokonaiskustannuksiksi tulee 3,4 snt/kg, mikä on vain vähän enemmän kuin suoran toimituksen kustannukset kosteuden mukainen hintakorjaus mukaan lukien. Botnia Grainin hintakorjaus onkin melko lähellä rahtikuivaukselle laskettua hintaa. Rahtikuivaus tehdään laskelmassa läheisellä naapuritilalla ja vilja kuljetetaan suoraan kuivurista Botnia Grainiin. Jos kuivattu vilja tuotaisiin rahtikuivurilta takaisin omalle tilalle, käsittely- ja varastointikustannusten lisääntyminen nostaisivat kustannuksia noin 0,8 snt/kg.

### **5.4.3 Keskitetyn kuivauksen mahdollisuudet**

Eniten keskitetystä kuivauksesta hyötyvät pienimmät tilat, sillä lämminilmakuivauksen kustannukset ovat suuret etenkin pieniä viljamääriä käsiteltäessä. Keskitetyn kuivauksen kustannukset tulevat viljelijän maksettavaksi kuivaus-

korvauksen/kosteusvähennyksen muodossa. Kuivauskorvauksen suuruus riippuu toimituskosteudesta. Suoraan pellolta keskitettyyn yksikköön toimitettaessa viljelijälle syntyy kustannuksia vain kuljetuksesta.

Keskitetyn kuivauksen järjestämistä hankaloittavat Suomessa pitkät kuljetusmatkat. Kovin pitkiä matkoja viljaa ei voida kuljettaa suoraan pellolta puintia keskeyttämättä, ellei kuljetukseen ole käytettävissä useampia henkilöitä. Välivarastojen käyttö helpottaisi tilannetta puintiaikaan, mutta se kuluttaa huomattavan osan säästöstä ja lisää työtä. Kuljetuskalustoa voidaan kuitenkin kehittää. Perävaunut ovat suomalaisilla tiloilla yleisesti ottaen tilavuudeltaan melko pieniä. Alueilla, joilla vilja-alaa ei ole niin paljon, että suuren kuivausyksikön rakentaminen olisi kannattavaa, saattaisivat kysymykseen tulla keskitetyt viljan vastaanottopisteet. Näihin viljaa koottaisiin lähialueelta, ja vilja kuormattaisiin edelleen kuorma-autolla kuljetettavaksi kuivauspaikalle.

Keskitetty kuivaus soveltuu parhaiten rehuviljan kuivaukseen, jolloin eri viljaeriä voidaan sekoittaa. Jatkuvatoiminen kuivuri saadaan silloin tehokkaaseen käyttöön, mutta myös muiden viljojen kuivaus on mahdollista. Botnia Grain käsittelee rehuviljaa. Muista viljatuotteista saatava lisähinta rehuviljaan verrattuna on toisaalta usein niin pieni, että ainakin pienemmille tiloille saataisi olla kannattavampaa viljellä rehuviljaa, jos kuivauskustannuksissa voitaisiin silloin säästää edellä kuvatulla tavalla.

## 5.5 Tilojen verkottuminen

Yhteistyöstä puhuttaessa käytetään monia termejä, jotka merkitsevät lähes samaa asiaa. Puhutaan yhteistoiminnasta, yhteenliittymistä, sidosryhmistä, verkostoista, klustereista, liittoutumista, strategisista alliansseista jne. Näitä termejä käytetään lähinnä yrityspuolella. Maataloudessa puhutaan koneyh-teistyöstä, urakoinnista, tuotantorenkaista, konerenkaista, koneasemista, yhteisviljelystä, yhteisnavetoista yms. Kaikilla näillä termeillä tarkoitetaan toimintaa, jolla parannetaan yksittäisen yrityksen toimintamahdollisuuksia.

Yritysten yhteistoiminnan perusajatus on, että yhdessä toimimalla yritykset saavuttavat synergiaetuja eli enemmän etuja kuin toimimalla yksin (Jonninen 1995). Yhteistyö on yhteistyökumppanien vapaaehtoista toimintaa, joka tuottaa osakkailleen jollain aikavälillä hyötyä (Classon 1983). Hyödyt voivat olla taloudellisia, teknisiä tai sosiaalisia. Yhteistyöryhmittymällä pitää myös olla yhteinen tavoite. Lisäksi yhteistyöryhmän pitää pystyä määrittelemään saamansa hyöty ja miten hyöty syntyy (Vesalainen 1997).

Yhteistyö tarjoaa tiloille mahdollisuuden kasvaa ilman suuria investointeja. Sopivasti liittoutumalla tilat voivat muodostaa suurempia kokonaisuuksia, ja hyötyä suuruuden ekonomiasta. Säästöä syntyy tuotantokustannuksissa, kun koneet saadaan tehokkaaseen käyttöön ja työketjut toimiviksi (Kirkkari ym. 1998).

### 5.5.1 Yhteistyön taloudelliset edut

Tärkein syy ryhtyä yhteistyöhön on saavuttaa toiminnasta jotain taloudellista etua. Taloudellisia etuja yhteistyössä syntyy, kun

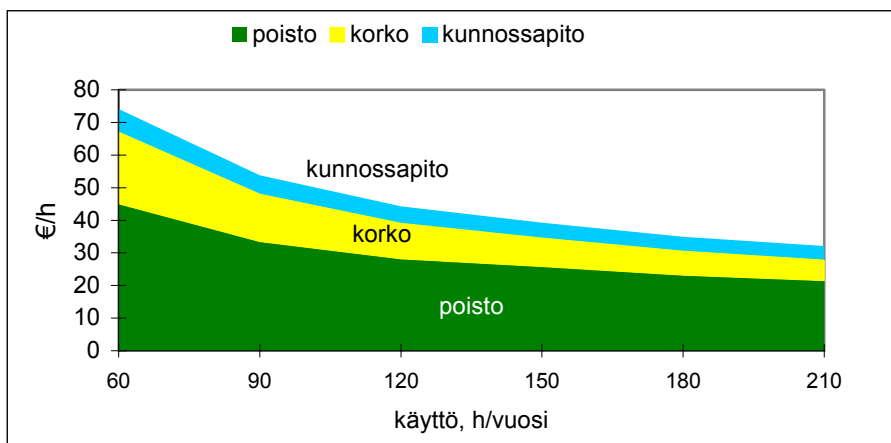
**investointikustannus** jakautuu usealle osakkaalle ja pienentää yksittäisen viljelijän pääoman tarvetta. Näin käyttöön saadaan ajanmukaista teknologiaa, johon yksin ei olisi varaa.

**kiinteät kustannukset** jakautuvat suuremmalle tuotetulle määrälle, koska toimivat työketjut mahdollistavat koneiden käyttöasteen nostamisen Suomenkin sääoloissa. Tällöin kiinteät kustannukset tuotettua yksikköä kohden pienenevät. Yhteistyössä on mahdollista saavuttaa suurtuotannon etuja tilarakenne varsinaisesti muuttumatta.

**tuotanto tehostuu.** Töiden oikea-aikaisuus, toiminnan keskittyminen ja erikoistuminen tai tuotantomenetelmien muuttaminen tehostavat tuotantoa.

**työaika säästyy** tehostuneen työketjun ansiosta.

**yhteishankintojen ja -markkinoinnin** avulla saavutetaan mittakaavaetuja.



Kuva 19. Leikkuupuimurin vuotuisen käyttömäärän vaikutus kiinteisiin kustannuksiin (lähde: Kirkkari, ym. 1998).

Kuvasta 19 voidaan laskea, että vuotuisen käytön noustessa 60:stä tunnista 180:een tuntiin, leikkuupuimurin kiinteät kustannukset käyttötuntia kohti laskettuna laskevat 55 %. Käytännössä tämä vastaisi vuosittaisen korjuualan kasvattamista 40 ha:sta 120 ha:iin.



## **Esimerkki tuntihinnoittelusta**

*Eräät puimuri- ja kuivuriosuuskunnat kirjasivat ylös kaikki toiminnasta aiheutuneet kustannukset. Samoin ylös kirjattiin koneita käyttäneiden viljelijöiden käyttötunnit. Puinti- ja kuivauskauden lopussa kustannukset laskettiin yhteen ja jaettiin käyttötuntimäärällä. Näin muodostui kyseisen vuoden tuntihinta. Jos kausi oli ollut suotuista kustannukset olivat viljelijöille edullisempia kuin huonona kautena. Tuntikustannukseen lisättiin tilanteen mukaan puimurin vaihdosta aiheutuneita kustannuksia. Näin ollen esim. puintikustannus saattoi vaihdella 40 €/h - 100 €/h välillä vuosittain.*

### **5.5.2 Yhteistyön muut edut**

Yhteistyökumppanista saa ammattitaitoista työvoimaa tilalle. Yhä useimmin yhteistoiminnan välitön laukaisija on työajan puute. Tilojen laajentuminen lisää kokonaistyömäärää, ja usein varsin epätasaisesti vuoden ajalle jaksottuvien työhuippujen suorittamiseen täytyy palkata vierasta työvoimaa, saada aputyövoimaa naapurista tai sukulaisilta tai sopia työjärjestelyistä yhteistyökumppanin kanssa. Yhteistyökumppanin edut kiirehuippujen työmäärän tasoittajana ovat siinä, että yhteistyökumppani on yleensä ammattitaitoinen, hän tuntee talon tavat, hän on käytettävissä vain sen ajan kuin tarvitaan ja korvaus työstä tehdään usein vastavuoroisuusperiaatteella eikä suuria paperitöitä palkkaamiseen tai vastaaviin tarvita.

Vaikka pääsyyt yhteistyöhön ovat yleensä rahan ja ajan puute, yhteistyöstä voi saada paljon myös muita etuja. Tutkimusten mukaan viljelijät kokevat yhteistoiminnan mukavaksi ja paineita helpottavaksi tavaksi tehdä töitä. Sujuvan työketjun järjestäminen on paitsi taloudellisesti järkevää myös tehokasta. Yhdessä tehden työn tuotos paranee. Silti laatu ei yhteistyössä tutkimusten mukaan kärsi (Kirkkari ym. 1998). Yhdessä tehden ollaan työssäkin tarkempia, kun ollaan vastuussa tekemisistä myös yhteistyökumppanille. Yhteistyössä kumppanista saa apua ongelmia pohdittaessa. Yhteistyökumppani on myös tavallaan vakuutus, joka pystyy auttamaan yllättävissä tilanteissa (esimerkiksi sairaus). Samalla yhteistyökumppani on sekä taloudellinen että henkinen riski.

Seuraava esimerkki kuivausvuorojen jaosta on toiminut ilman ongelmia jo 15 vuotta yli kymmenen osakkaan voimin.

### **Esimerkki kuivausvuorojen jaosta**

*Kuivuriosuuskunnalla on kaksi kuivuria, joista toinen 130hl ja toinen 210hl. Kuivurilla ei ole varsinaista kuivurin hoitajaa vaan kuivauksen hoitaa jokainen osakas itse. Kuivausvuoron saa varata vasta sitten, kun isännällä on valmiina puitua viljaa. Kun kuivuri on vapaa, isäntä vie viljansa kuivuriin,*

*täyttää sen ja laittaa kuivausautomaatiikan päälle. Samalla hän ilmoittaa seuraavana listassa olevalle viljelijälle, koska erä saattaisi olla valmis. Seuraava kuivaaja tyhjentää edellisen isännän viljat sovittuun siiloon ja täyttää kuivurin omalla viljallaan ja ilmoittaa taas seuraavalle. Tiedonvälitys tilojen välillä on parantunut huomattavasti matkapuhelimien yleistyessä.*

### **5.5.3 Yhteistyön esteet ja riskit**

Tutkittaessa yhteistyön haittoja ja esteitä on mainittu ihmisten väliset henkisuhteet ja sopivan kumppanin löytyminen. Koneyhteistyössä vastuuhenkilön määrittäminen yhteisille koneille vähentää koneiden kunnossapitongelmaa, vaikkakin jokainen käyttäjä olisi osaltaan vastuussa käyttöaikanaan koneesta. Vastuuhenkilö huolehtii yleensä koneen vuosi- ja perushuolloista. Joissain yhteistyömuodoissa, kuten osakeyhtiöissä ja osuuskunnissa paperitöiden osuus saattaa nousta suureksi ja osaltaan estää yhteistyötä.

## **5.6 Kuivaamorakennusten investointikustannusten alentaminen**

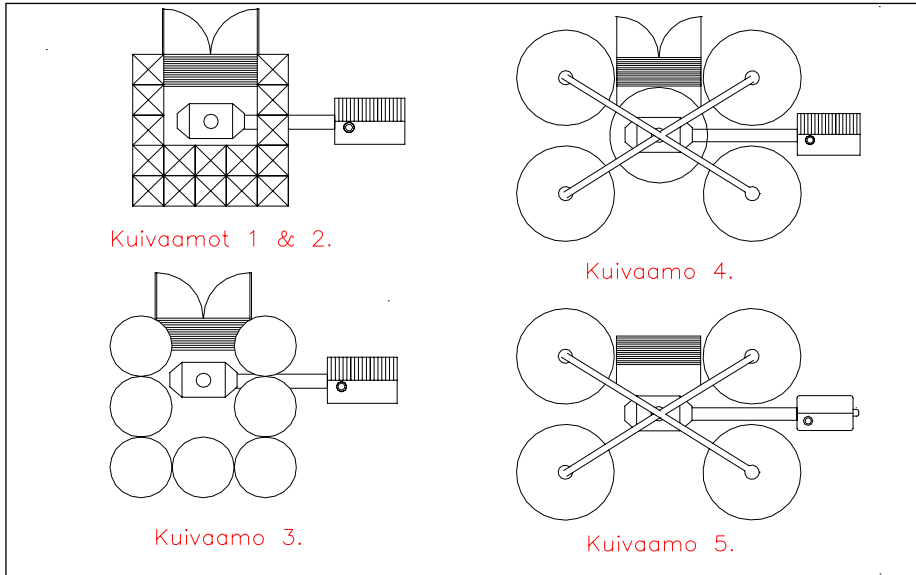
Kuuma- ja lämminilmakuivauksen kustannuksista suurin osa on kiinteitä (mm. poisto, korko), jotka siis johtuvat rakennuksen hankintakustannuksista (Haapala ym. 2001). Jos tilalle on päätetty rakentaa uusi kuivaamo, kannattaa hyvin tarkkaan miettiä, kuinka rakentamiskustannuksissa pystyttäisiin säästämään, koska niissä säästämähallisuudet ovat suurimmat.

Kuvassa 20 on esitetty erilaisia kuivuri-siilosto -pohjaratkaisuja, joissa kuivurikoneiston tilavuus on noin 30 m<sup>3</sup> ja varastosiilojen yhteistilavuus noin 700 m<sup>3</sup>. Kuvaan 22 on laskettu karkeasti esimerkkikuivaamojen hinnat valmiiksi pystytettynä. Vaikka pohjaratkaisuideat ja hinnat perustuvat vain yhden kuivurivalmistajan antamiin tietoihin (Antti-Teollisuus Oy 2001), niistä selvinnee suhteellinen säästöpotentiaali.

Kuvassa 20 ”Kuivaamo 1” on perinteinen pakettikuivaamo, jossa kuivaamorakennus muodostuu neliöpohjaisista, suhteellisen pienistä varastosiiloista (19 kpl) ja näiden päälle tehdystä katosta. Varastosiilot ovat alta tyhjennettäviä ja ylipainetoimisen uunin maksimilämpö on 80 °C. Kuivaamot 2 – 4 ovat alipaineisia kuumailmakuivureita, joissa uunin maksimilämpö on 100 °C.

Kuivaamon 2 rakenne on muilta osin sama kuin kuivaamon 1. Kuivaamossa 3 kuivurirakennus koostuu tasamaalla olevista kartiopohjaisista pyörösiiloista (7 kpl), jotka ovat tilavuudeltaan selvästi isompia kuin kuivaamoissa 1 ja 2. Siilojen yhteistilavuus on kuitenkin kaikissa kuivaamoissa sama. Katto on rakennettu siilojen päälle. Kuivaamon 4 kuivurikoneisto on sijoitettu yhteen pyörösiiloon ja vilja varastoidaan sen ympärillä olevaan neljään suurikokoi-

seen pyörösiiloon (kuva 21). Jokaisessa siilossa on oma kattonsa. Kuivaamon 5 ”Stand Alone” rakenteita on karsittu eniten, siinä kuivurikoneisto on rakennettu säänkestäväksi, jolloin se ei tarvitse ympärilleen suojarakennusta.

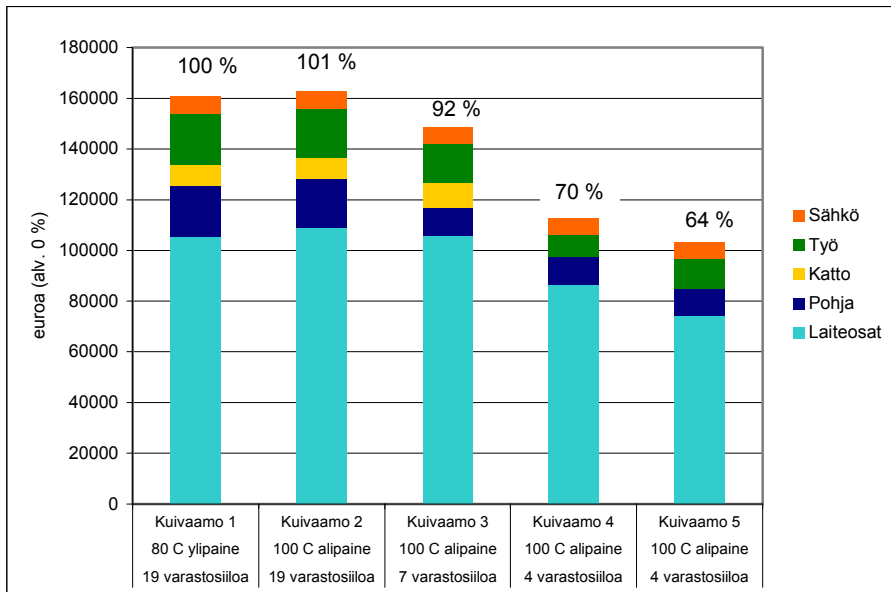


Kuva 20. Esimerkkikuivaamojen pohjaratkaisut ylhäältäpäin nähtynä (Antti-Teollisuus Oy 2001, piirros: Timo Lötjönen).

Kuivaamoissa 3-5 on alipainetoiminen uuni, jolla kuivausilman lämpötila voidaan nostaa 100 C-asteeseen. Siilojen alle ajo ei ole mahdollista, vaan siilot tyhjennetään jokaisessa siilossa olevalla suuritehoisella ruuvikuljettimellä. Siten perustusten ei tarvitse olla yhtä korkeat kuin kuivaamoissa 1 ja 2.



Kuva 21. Esimerkkikuivaamojen 3 (vasemmalla) ja 4 (oikealla) toteutukset. (Kuvat: Timo Lötjönen)



Kuva 22. Eri tyyppisten kuivaamoiden ohjehittäishintoja kesällä 2001. Kuivauskennoston koko kaikissa n. 30 m<sup>3</sup> ja varastosiiloston koko n. 700 m<sup>3</sup> (alv. 0 %). (Antti-Teollisuus Oy 2001)

Kuvan 22 mukaan alipaineisuus ja korkean lämmön käyttömahdollisuus nostaa kuivurin hankintahintaa vain noin 1 %. Tinkimällä varastosiilojen lukumäärästä ja niiden tyhjennysominaisuuksista on mahdollista säästää noin kolmannes kuivaamon hankintakustannuksesta. Kuivurirakennuksesta luopuminen säästää kustannuksia vielä hieman, mutta samalla kuivuri ja työntekijä ovat sään armoilla. Neljän suuren varastosiilon kuivuri sopii huonosti esimerkiksi siemen- tai leipäviljan viljelijälle, jolla erillään pidettäviä viljariä on paljon. Rehuviljan tuottajalle neljä varastosiiloa on useimmiten riittävä määrä. Ruuvilla tyhjennettävien varastosiilojen tyhjennys on jonkin verran työläämpää kuin alle ajettavien siilojen tyhjennys. Nämä ovat tekijöitä, joiden arvo on jokaisen kuivurin hankintaa suunnittelevan punnittava omalla tilallaan ja suhteutettava ne hankintahintojen säästöihin.

## 5.7 Muut viljan säilöntämenetelmät

Viljan puintikosteus on Suomessa yleensä niin korkea, että varastointi ilman säilöntäkäsittelyä ei ole mahdollista. Yleisin tapa on lämminilmakuivaus, mutta myös kylmäilmakuivaus ja erilaisia tuoresäilöntämenetelmiä on käytössä. Yleisimmät ovat jyväsäilöntä propionihapolla, murskesäilöntä ja ilmatiivisäilöntä. Tuoresäilöntä on monien laskelmien mukaan lämminilmakuivausta edullisempi varastointitapa. Eri tuoresäilöntämenetelmien kustannukset muodostuvat pääosin varastoista, säilöntäaineista ja säilöntätyöstä.

Jyväsäilönnässä säilöntäainekustannus (propionihappo noin 1,54 euroa/l) on suuri, kun vilja on kosteaa. Säilötyessä 25 %:sta viljaa kustannus on 18 €/tonni laskettuna vastaamaan 15 %:sta viljaa. Koska annostelu kasvaa viljan kosteuden lisääntyessä, puintikosteudella on suuri merkitys säilöntäkustannuksiin. Jyväsäilönnän edullisuus perustuukin yleensä yksinkertaisten varastotilojen käyttöön. Rakentamalla varastoja vanhoihin rakennuksiin saadaan kiinteät kustannukset pieniksi. Suuria viljamääriä varastoitaessa vanhojen rakennusten hyväksikäyttö voi olla mahdotonta, ja silloin jyväsäilönnän edullisuus lämminilmakuivaukseen verrattuna voi jäädä vähäiseksi.

Murskesäilönnässä sen sijaan pyritään aina 35 - 45 % kosteuteen, joten puintikosteus ei vaikuta säilöntäkustannukseen. Muurahaishappopohjaista säilöntäainetta käytetään noin kolme litraa tonnille viljaa, jolloin säilöntäainekustannus on vain noin 3,3 €/tonni 15 %:ksi laskettua viljaa (hapon hinta on 0,8 €/litra). Säilöntäketjun työntuotos vaihtelee käytettävän valssimyllyn tehon mukaan. Saatavilla on tehokkaita myllyjä, joten menetelmä sopii myös suurten viljamäärien säilömiseen. Murskaus sopii myös urakointina tehtäväksi. Työkustannusta esim. jyväsäilöntään verrattuna lisää traktorityön osuus, sillä myllyt ovat traktorikäyttöisiä. Varastointikustannukset voivat myös murskesäilönnässä vaihdella tilakohtaisesti paljon, sillä usein vanhojen rakennusten hyödyntäminen on mahdollista. Esimerkiksi vanhat säilörehusiilot sopivat varastoiksi. Uudet varastot ovat yleensä laakasiiloja.

Ilmatiiviissä säilönnässä käytetään nykyään pääosin teräsrakenteisia tornisiiloja. Käytössä on emalipinnoitetusta, galvanoidusta ja ruostumattomasta teräksestä valmistettuja siiloja. Emalipinnoitettuja siiloja rakennetaan meillä tavallisesti käytetyistä elementeistä, jotka ovat uusia elementtejä selvästi edullisempia. Galvanoitujen ja käytetyistä elementeistä pystytettyjen emalipinnoitettujen siilojen hinnassa ei ole merkittävää eroa. Siilojen kuutiohintaa alenee siilon koon kasvaessa, joten viljamäärän kasvaessa säilöntämenetelmä tulee suhteellisesti edullisemmaksi. Käyttökustannukset ovat pienet, sillä säilöntäainetta ei tarvita.

### **5.7.1 Tuoresäilönnän käyttömahdollisuudet**

Karjantarkkailutiloille tehtyjen rehujen tuotantokustannuslaskelmien (HILA) perusteella tuoresäilöntää on arvioitu käyttävän 10 - 20 % karjataloista (Helander 2001). Vuonna 2001 tuoreviljalle laadittuja kustannuslaskelmia oli 11 prosenttia kaikista rehuviljalle laadituista laskelmista (Pro Agria MKL 2002). Peltolan (1989) mukaan noin 90 % vuotuisesta viljasadosta kuivattiin lämmin- tai kylmäilmakuivureissa vuonna 1983, joten tuoresäilönnän osuus näyttäisi pysyneen melko tasaisena.

Tuoresäilöntää voidaan käyttää ainoastaan rehuviljalla. Käyttökelpoisuus muihin tarkoituksiin menetetään säilöntähappojen, käymisen ja litistyneen

vuoksi. Suurin osa vuotuisesta viljasadosta käytetään kuitenkin rehuksi, joten mahdollisuus tuoresäilönnän nykyistä laajamittaisempaan käyttöön on olemassa. Satovuonna 2000/01 käytetystä 3 090 miljoonasta kilosta viljaa käytettiin rehuksi 63 % ja siitä suurin osa käytettiin suoraan tiloilla (Viljatase 2000/01).

Ruokinnan automatisointia pidetään usein tuoresäilönnän käytön esteenä. Tuoresäilöttyä viljaa on mahdollista kuitenkin käyttää automaattisissakin ruokintajärjestelmissä. Kun viljan kosteus on alle 25 %, sitä pystytään useimmiten käsittelemään kuivan viljan tavoin. Erilainen säilyvyys on luonnollisesti otettava huomioon. Käsittely vaikeutuu, kun on kyse murskesäilötystä viljasta, jonka kosteus on 35 - 45 %. Holvaantuminen ja jäätyminen ovat suurimmat ongelmat. Uusia märän viljan käsittelyyn tarkoitettuja laitteita on kuitenkin kehitetty, ja murskesäilötyn viljan käyttömahdollisuudet ovat parantuneet. Suurilla karjatililla suosittuun seosrehuruokintaan murskesäilötty vilja soveltuu hyvin. Ilmatiivis säilöntä puolestaan on viime vuosina herättänyt kiinnostusta varsinkin sikatilojen keskuudessa. Sianlihan kasvatuksessa vilja on pääasiallinen rehu, ja sen tuotantokustannuksilla on suuri merkitys tuotannon kannattavuuteen. Ilmatiivis säilöntä on edullisin suurien viljamäärien säilöntätapa, ja viljan purkaminen siilosta on helposti automaattisoitavissa liemiruokintaan (Palva & Siljander-Rasi 2003).

Tuoresäilötty vilja on käytännössä varastoitava lopullisella käyttöpaikalla, koska se ei säily pitkään varastosta otettuna, lukuunottamatta propionihapolilla säilöttyä viljaa. Viljatila voi hyödyntää tuoresäilöntää siten ainoastaan kotieläintilan kanssa tehtävän yhteistyön kautta. Mahdollisuudet tähän ovat lisääntyneet, koska tuotantoon laajentavilla kotieläintiloilla oma viljantuotanto ei aina riitä kattamaan kasvanutta tarvetta. Tuotantoa myös rationalisoidaan luopumalla omasta viljanviljelystä kokonaan ja ostamalla vilja ulkopuolelta. Tuoreen viljan suorassa kaupassa välttyään kuivauskustannusten lisäksi myös ylimääräisiltä kuljetuskustannuksilta sekä välityspalkkioilta verrattuna viljan kierrättämiseen kaupan kautta. Viljan säilöntä- ja varastointikustannus tulee käytännössä kotieläintilan kustannettavaksi, mikä on puolestaan hyvitetävä viljan hinnassa.

Kuivatun viljan hyvä säilyvyys, käsiteltävyys ja laatuominaisuuksien muuttumattomuus ovat tekijöitä, joille on meillä kuivauksen vankasta asemasta päätellen annettu suuri arvo. Tuoresäilöntämenetelmiä on toisaalta myös alettu käyttää meillä vasta 1950 - 1960-luvuilla, kun taas kuivauksella on pitkät perinteet. Asenteet ja ennakkoluulot hidastavat tuoresäilönnän yleistymistä. On kuitenkin jo useita suuriakin tuotantoyksiköitä, joissa vilja säilötään tuoreena. Toisilta saatu esimerkki ja kokemukset ovat tärkeässä asemassa uusien tai totutusta poikkeavien menettelytapojen käyttöönotossa.

## 6 Viljan korjuun ja varastoinnin simulointi

### 6.1 Menetelmä

Tutkimuksen yksi tavoite oli etsiä edullisimpia viljankorjuu- ja varastointitapoja. Viljasadon käsittelyn vaihtoehtoisia ratkaisuja oli mahdollista tutkia empiirisen kokeen tai mallinnuksen avulla. Jo edellisessä tutkimusosiossa päädyttiin siihen, että mallinnus ja mallilla tehtävä simulointi on tässä tapauksessa paras valinta. Päätöstä tuki se, että tutkittavia vaihtoehtoja on paljon ja tutkimuskohteet ovat kalliita järjestelmiä. Empiiristä koetta ei voida ajatella tehtävän kaikilla tutkimuksen kohteena olevilla parametrivaihtoehdoilla.

Simulointi tehtiin matemaattisen mallin avulla, johon tarvittiin systeemianalyysiä. Kehitetyllä mallilla kuvattiin viljan korjuuseen ja varastointiin liittyviä ratkaisuja. Jotta mallista olisi saatu mahdollisimman tarkka, rajattiin sadonkorjuun ja varastoinnin ulkopuoliset prosessit, kuten muokkaukset, kylvö ja kasvinsuojelu, mallin ulkopuolelle. Tämä on syytä ottaa huomioon mallin antamia tuloksia tarkasteltaessa. Kuitenkin mallissa huomioitiin asioita, jotka eivät suoranaisesti kuuluneet sadonkorjuun aihepiiriin. Esimerkiksi kylvöajankohta ja lajikkeiden ominaisuudet vaikuttavat sadonmuodostukseen ja korjuuajankohtaan, joten ne olivat mukana mallin rakenteessa.

Edellisessä tutkimusraportissa (Haapala ym. 2001) on käsitelty tarkoin simuloinnin perusteita ja tavoitteita, joten tässä tekstissä nämä asiat käsitellään vain pääkohdiltaan. Systeemianalyysi on menetelmäperhe, jonka taustana on usein mainittu operaatioanalyysi ja muita matemaattisia menetelmiä. Systeemitieteoriassa tarkastelun kohteena ovat systeemit, toisin sanoen ympäristöstään rajatut järjestelmät. Systeemeillä on sisäinen rakenne, joka määrää miten ne reagoivat syötteisiin. Syötteen (engl. input) vaikutus näkyy systeemin tilamuuttujissa (state) ja vasteessa (output). Systeemin sisäinen rakenne kuvataan systeemianalyysissä mallin avulla. Malleja on useita erilaisia luokkia, esim. pienoismallit, matemaattiset mallit ja kuvailevat käsitteelliset mallit (Haapala 2000).

Kun simulointimalli on tehty hyvin, sen avulla on mahdollista saada kuva mallinnetun systeemin toiminnasta. Hyvä malli antaa luotettavia ja valideja tuloksia systeemin käyttäytymisestä. Systeemianalyyttinen tutkimusprojekti sisältää aina seuraavat vaiheet: ongelman asettelu, ongelman formulointi, mallintaminen, mallin validointi, ongelman ratkaiseminen (simuloinnin avulla), tulosten tarkastelu, tulosten esittäminen ja lopulta tulosten käyttö (l. implementointi).

Systeemianalyyttisen tutkimusprojektin onnistumisen kannalta on tärkeää, että tavoitteet on asetettu tarpeeksi tarkasti ja yksityiskohtaisesti. Mallinnuksella ja simuloinnilla pyritään tarkasti määrätyn ongelman ratkaisuun. Tähän

pääsemiseksi kerätään ratkaisun kannalta olennaista tietoa, tarpeen mukaisella tarkkuustasolla ja malli tehdään ratkaisun kannalta oikealla tarkkuustasolla. Tietyissä kohdissa malli on tarkka, ja toisissa kohdissa voidaan tilannetta yksinkertaistaa, koska kysymys, johon vastausta haetaan, ei edellytä tarkkaa kuvausta. Tiukasti tulkittuna tuloksia voidaankin soveltaa ainoastaan olosuhteissa, joissa kaikki esitetyt oletukset täyttyvät (Haapala 2000).

Edellisessä tutkimuksessa mallin eri parametreille tehtiin herkkyysanalyysit, joiden avulla testattiin, miten parametrien muutokset vaikuttivat koko mallin toimintaan. Herkkyyden testauksessa on olennaista tietää, mikä on sovelluksen kannalta olennainen parametrien vaihteluväli, ts. millaisia tilanteita todellisessa systeemissä voi olla. Vähämerkityksiset parametrit voidaan korvata vakioarvoilla, kunhan mallia ei käytetä siten, että niidenkin merkitys voisi olla merkittävä. Herkkyysanalyysien perusteella mallia voidaan edelleen korjata ja tarkentaa. (Haapala 2001)

Varsinaiset ongelman ratkaisuun liittyvät simuloinnit ovat systeemianalyytisessä projektissa useimmiten murto-osa tarvittavasta työmäärästä. Mallinnus, tiedonkeruu ja testaus ovat hyvin työläisiä vaiheita. Tulosten raportointi tehdään yleensä ainoastaan valmiista mallista, ja edeltävät vaiheet ohitetaan lyhyesti. Näin ei kuitenkaan pitäisi tehdä, koska tehdyt valinnat ja niiden perustelut ovat vähintään yhtä tärkeitä kuin valmis tulos (Haapala 2000).

## 6.2 Mallinnusohjelmisto ja laitteisto

Mallinnukseen ja simuloointeihin käytettiin samaa ohjelmistoa kuin edellisessäkin tutkimuksessa, mutta uudempaa versiota. Stella<sup>TM</sup> Research 6.0.1 on amerikkalaisen High Performance Systems, Inc. yrityksen kehittämä ohjelma. Simuloinnit tehtiin tietokoneella, jonka käyttöjärjestelmä oli Microsoft Windows 98 ja sen prosessoriteho oli 900 MHz (256 Mb RAM).

Stella-ohjelmassa on kolme eri käyttäjätasoa mallin tarkasteluun ja tekemiseen. Päällimmäinen taso on simuloijataso, johon sijoitetaan mittareita, numeronäyttöjä, liukusäätimiä, kytkimiä, painikkeita, taulukoita sekä muita simulointia helpottavia ja selkeyttäviä tekijöitä. Keskimmäinen taso on mallinnustaso, jossa varsinainen malli rakennetaan symbolivalikkojen ja ehtolauseiden avulla. Pohjimmaisella tasolla ohjelma kääntää symboleista ja ehtolauseista kootun systeemin ohjelmointikielelle. Koodin avulla on mahdollista tarkastella mallin rakennetta perinteisessä muodossa.

Yksi merkittävimmistä ohjelman eduista on graafinen käyttöliittymä. Kuvajien avulla on mahdollista tarkastaa monimutkaisen mallin toiminnan pääpiirteet ja vaikutussuhteet. Myös mallin läpi virtaavan materiaalin katoamattomuus helpottaa mallin rakentamista. Jos materiaalia (viljaa, työtunteja ja



euroja) kertyy vääriin paikkoihin, tämä huomataan helposti, jolloin virhe voidaan poistaa.

Systeemin rakenne voidaan mallinnuksessa esittää kahdeksalla eri symbolilla. Näiden kahdeksan elementin avulla luotava järjestelmä on luonteeltaan ja käyttäytymiseltään hyvin samankaltainen kuin esimerkiksi automaatiotekniikan vesiprosessit. Tämän vertauksen hahmottaminen helpottaa ohjelmalle luonteenomaisten piirteiden käsittämistä sekä tehtyjen mallien testausta.

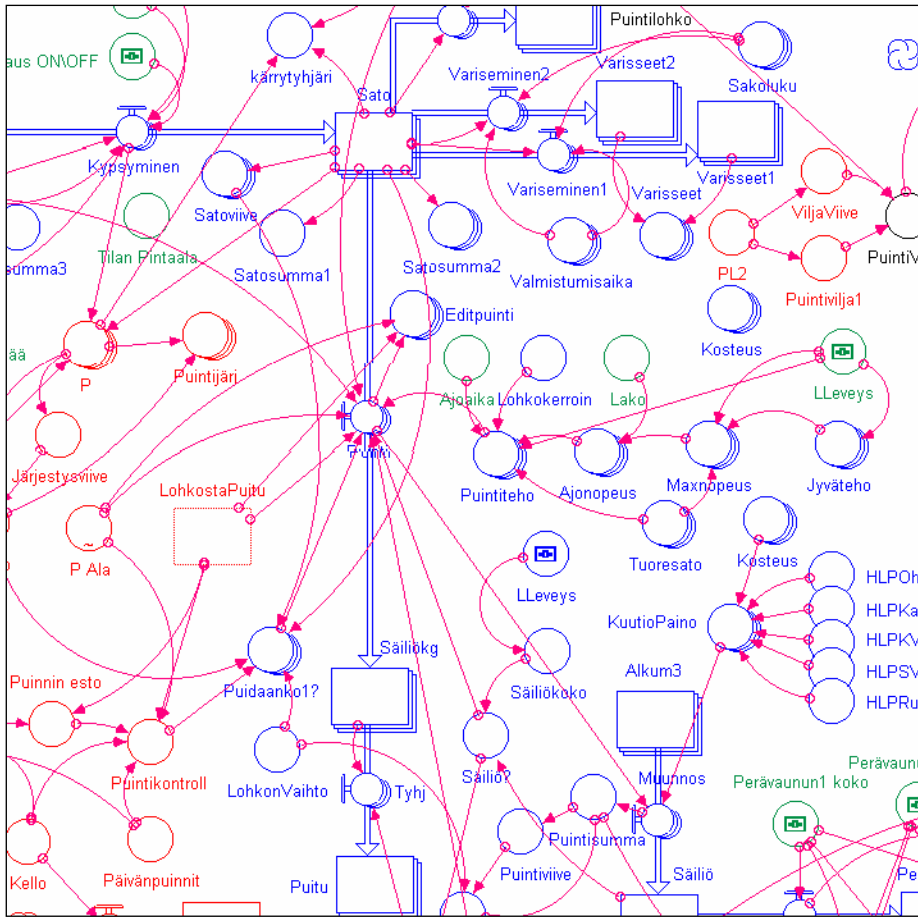
**Säiliö** on peruselementti, joka esittää mitä tahansa, mikä kasautuu tai kertyy johonkin. Tätä symbolia voidaan käyttää neljässä eri muodossa: säiliönä, jonona, liukuhihnana tai uunina. Viljan korjuu- ja varastointimallissa tyypillinen säiliö on puimurin viljasäiliö.

**Pilvi** on rajaton materiaalin lähde, josta saadaan venttiilin päästämä määrä materiaalia tai sinne menee venttiilin päästämä määrä, joka ei ole palautettavissa. Pilven käyttö soveltuu tilanteisiin, joissa alku- tai loppuvaraston koolla tai määrällä ei ole merkitystä, vaan alkuvaraston jälkeisellä venttiilillä tai loppuvarastoa edeltävällä venttiilillä säädellään prosessin kulkua. Korjuumallissa pilveä on käytetty mm. sadon kehittymisen kuvaamiseen, koska korjuuta edeltävät toimet (muokkaus, kylvö) haluttiin rajata tarkastelun ulkopuolelle.

**Venttiili** yhdistää säiliöitä toisiinsa tai pilviin. Venttiilin kautta haluttu määrä materiaalia virtaa paikasta toiseen, kun asetetut reunaehdot toteutuvat. Ehtolauseen (IF-THEN) voi rakentaa venttiilin sisään kuin paikallisessa toimilaitteessa tai sen voi tuoda ulkopuolelta säätimestä aivan kuin etäpääteeltä. Lisäksi venttiilin toiminnan määrittelevä ehtolause voi olla näiden yhdistelmä, jossa ehdon täyttymiseksi pitää olla tietty asetus säätimellä ja määrätty taso säiliössä, jolloin venttiili päästää sovitun määrän materiaalia liikkeelle aika-askelta kohden. Viljan korjuumallissa venttiileitä ovat kuljettimet ja esimerkiksi puimurin viljasäiliön tyhjennysruuvi.

**Yhdistimet** voidaan kuvitella kaapeleiksi, joita käytetään tiedon siirtoon komponentista toiseen. Yhdistin voidaan liittää venttiileihin ja säätimiin muttei säiliöihin. Säiliöön ei voi virrata eikä sieltä voi virrata pois materiaalia muuta kuin venttiilien kautta, mutta yhdistin voidaan kytkeä näihin venttiileihin välittämään säätimen antamaa arvoa, jolla säädellään säiliön sisältöä. Näin voidaan toteuttaa esim. takaisinkytkentä.

**Säätimet** voivat sisältää vakioita tai kaavoja, jotka ohjaavat muita säätimiä tai venttiilejä. Näillä voidaan hallita systeemin käyttäytymistä. Lisäksi niihin voidaan kerätä tietoa ikään kuin mittareihin, joista voi seurata simuloinnin antamia arvoja halutuista kohdista mallia. Viljan korjuumallissa säädin voi sisältää esim. tiedon polttoöljyn hinnasta, jota mallin käyttäjä voi mielensä mukaan muuttaa.



Kuva 23. Viljan puinnin toteuttamiseen käytettyjä Stella-simulointiohjelman elementtejä. Kypsytynyt vilja varastoitiin säiliöön "Sato". Puintia toteutettiin venttiiliin "Puinti" avulla, johon vaikutti mm. säädin "Puintiteho", jonka informaatio siirrettiin yhdistimen avulla.

### 6.3 Paikkatiedon käyttöönotto

Yksi tärkein tavoite mallin kehittämisessä oli tilan lohkoja koskevan paikkatiedon käyttöönotto. Vanhassa mallissa tilan tilusrakenne huomioitiin laskeamalla lohkojen etäisyyksien keskiarvo tilakeskuksesta. Uudessa mallissa yksittäisten peltöjen sijainti tilakeskuksesta laskettiin ArcView GIS 3.0 ohjelman ja peruskartan avulla. Koska yleisellä tiellä traktorin ajonopeus on suurempi kuin peltotiellä, jaettiin tiestö näihin kahteen luokkaan peruskartan avulla. Yleisellä tiellä traktorin ajonopeus oli 30 km/h ja peltotiellä 15 km/h. Tiestön kunnon vaikutusta korjuu- ja varastointikustannuksiin oli mahdollista tutkia muuttamalla traktorin ajonopeutta. Jos tiestön kunto oletettiin huonoksi, traktorin ajonopeus asetettiin hitaammaksi.

Tavoite oli myös saada malli huomioimaan lohkojen väliset etäisyydet. Ominaisuutta olisi käytetty silloin, kun puumuri ja traktori siirtyvät lohkolta toiselle. Koska ominaisuus olisi tehnyt mallista yhä monimutkaisemman, siitä luovuttiin.

## 6.4 Validointi

Mitä monimutkaisempaa systeemiä mallilla kuvataan, sitä työläämpää on sen kehittäminen reaalia maailmaa vastaavaksi. Ulkopuolisen henkilön on erittäin vaikea lähteä arvioimaan, kuinka luotettavasti monimutkainen malli vastaa todellisuutta. Mallin tekijöille kehitystyön aikana muodostuu käsitys mallin toimivuudesta. Validointien ja herkkyyssajojen avulla selvennetään, miten malli reagoi eri parametreihin. Näin myös ulkopuolisten henkilöiden on mahdollista tehdä johtopäätöksiä mallin toiminnasta. Validoinnin avulla tutkitaan kuinka hyvin malli kuvaa todellisen systeemin ominaisuuksia ja onko se tavoitteen mukainen. Validointi on jaettu data-, hypoteesi-, tekniseen – ja kokonaisvalidointiin (Gustafsson ym. 1982).

### 6.4.1 Datavalidointi

Datan validointi kuuluu systeemanalyysiin oleellisena osana. Olemassa oleva lähtöaineistoa saatetaan joutua täydentämään ja tarkentamaan, koska aina ei saada riittävää todistusta sen luotettavuudesta tai aineiston kattavuus ei ole tarpeeksi hyvä. Tarvittavien riippumattomien testiaineistojen saaminen voi myös olla vaikeaa (Haapala 2000).

Datavalidoinnin ensimmäisessä vaiheessa tarkistettiin syöttötietojen oikeellisuus. Traktoreiden, puumureiden ja kuivureiden hinnat eivät olleet oleellisesti muuttuneet kahden vuoden aikana. Esimerkiksi traktoreiden hinnat olivat nousseet noin 3–5 %. Mallissa on mahdollista muuttaa koneiden ja kalusto hintaa säätimen avulla. Hinnan nousu testattiin kokonaisvalidoinnin aineistolla (Luku 6.4.4). Kolmen prosentin hinnannousu ei vaikuttanut viljan tuotantokustannuksiin oleellisesti, koska korjuu- ja varastointikustannus nousi esimerkkitalalla vain 138 €. Jos kaluston hinta olisi noussut 5 %, kustannus olisi noussut 230 €, jolloin viljan korjuu- ja varastointikustannus olisi noussut tonnia kohden 1,7 €. Vertailujen perusteella hintojen muutos ei vaikuttanut mallin lopputuloksiin merkittävästi, joten kaluston hintatietoja ei päivitetty.

Polttoöljyn, sähkön ja viljan hinnat olivat kuitenkin muuttuneet vuodesta 1999 niin paljon, että ne päivitettiin (Liite 1). Hintatiedot koottiin monista eri lähteistä ja lopullinen hinta määräytyi eri liikkeistä saatujen hintojen keskiarvosta. Lähtötietojen kontrollointia varten malliin luotiin taulukot, joista oli helppo tarkistaa pohjatiedot kyseisestä simuloinnista. Näin minimoitiin lähtötietojen virhemahdollisuus.

Sääaineistona käytettiin Mietoisten ja Maaningan tietoja vuosilta 1997 ja 1998. Vuoden 1997 sadonkorjuusää oli hyvä ja vuoden 1998 sää oli huono. Simuloinneissa oli siten mahdollista tutkia, kuinka erilainen sadonkorjuusää vaikutti kustannuksiin.

## 6.4.2 Hypoteesivalidointi

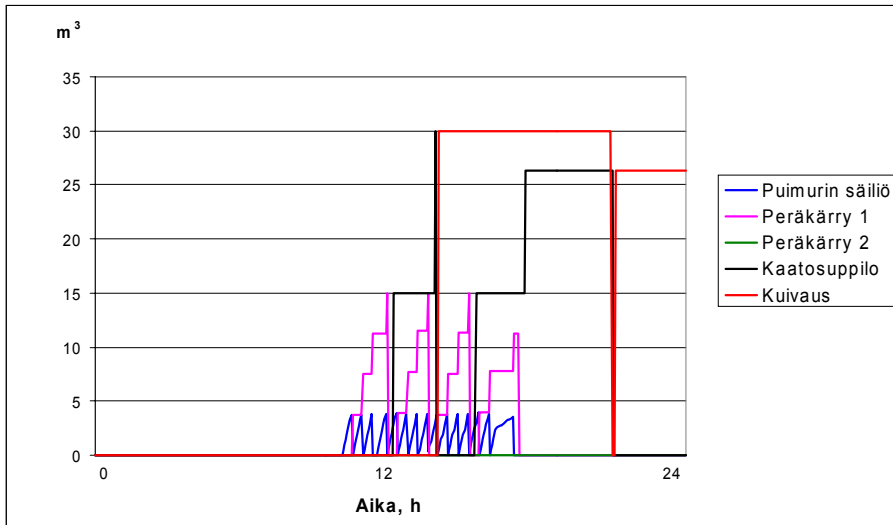
Hypoteesivalidoinnilla tarkistettiin olivatko mallin oletukset systeemin rakenteesta, osien välistä suhteista, oletuksista ja jakaumista oikein (Gustafsson et al. 1982). Suurin huomio kohdistettiin mallin loogisuuteen. Esimerkiksi polttoöljyn hinnan nousun ja puimurin lohkon vaihdon pidentymisen oli kasvatettava kustannuksia. Edellä mainitut asiat testattiin luvussa 7.1 Herkkyysanalyysit, jossa myös hypoteesien voimakkuutta tutkittiin. Tulosten mukaan edellä esitetyt hypoteesit pitivät paikkansa, luvussa 7 on kerrottu ajojen periaatteet ja saadut tulokset tarkemmin.

Mallin hypoteeseja validoitiin koko kehittämisprosessin ajan. Esimerkiksi lohkokertoimen ja tilakohtaisten tilustietojen rakentaminen perustui hypoteesin tekemiseen ja sen testaamiseen. Tärkeää oli myös tehdä oikean suuruisia oletuksia. Tuloksen vertaaminen hypoteesiin oli helppoa, mutta parametrien aiheuttama vaikutuksen suuruuden arviointi oli huomattavasti vaikeampaa.

## 6.4.3 Tekninen validointi

Teknistä validointia hyödynnettiin erityisesti mallin luomisen aikana. Mallin ohjelmointi oli useasti umpikujassa ohjelmoinnissa tapahtuvien virheiden takia. Selvä ohjelmointivirhe oli helposti korjattavissa, koska se aiheutti ilmoituksen väärästä viittauksesta tai algoritmista. Suurimman ongelman muodostivat vaikeasti havaittavat virheet ja ominaisuudet, jotka eivät olleet suoranaisia ohjelmointivirheitä. Uuden ominaisuuden ohjelmointi saattoikin muuttaa jonkin muun osion toimintaa. Ohjelmoinnissa olikin toivottavaa, että virhe olisi tullut radikaalisti esiin.

Graafinen tarkastelu oli tehokas tapa paikallistaa ohjelmointivirheet. Kuvassa 24 on esimerkki, jossa seurataan viljan kulkua yhden puintipäivän aikana. Puinti aloitettiin klo 10 ja lopetettiin klo 17. Päivän aikana puitiin lähes kaksi kuivurillista. Ensimmäisessä erässä kuivuri oli täysi, mutta toinen jäi hieman vajaaksi. Ensimmäisen erän kuivausaika kokonaisuudessaan oli seitsemän tuntia. Toisen erän kuivaus alkoi klo 21:15 ja se jatkui seuraavan vuorokauden puolelle. Malli käytti viljan kuljetukseen lohkolta kuivurille vain toista perävaunua. Toinen perävaunu oli tarpeeton, koska puitava lohko oli 5 kilometrin etäisyydellä ja tie hyväkuntoinen.

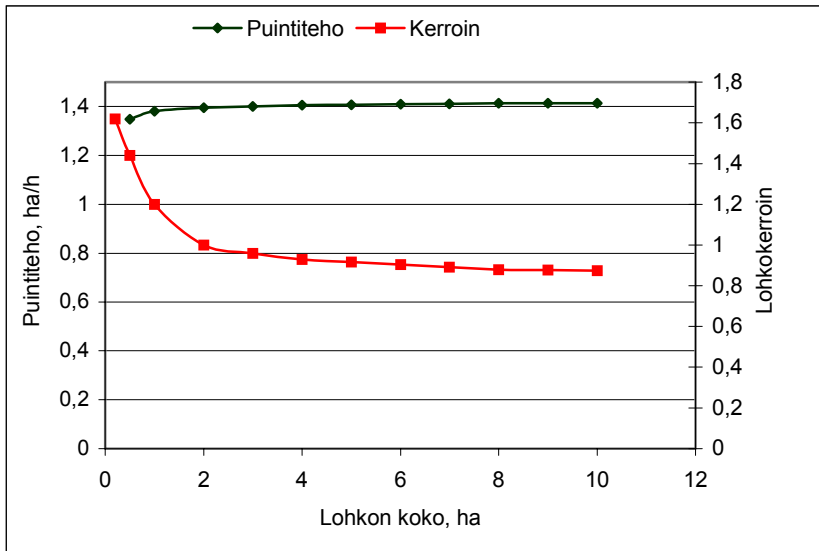


Kuva 24. Teknisessä validoinnissa käytettiin hyväksi kuvia, joista voitiin tarkistaa viljan kulkua sadonkorjuun eri kohdissa.

Graafisten tarkastelujen lisäksi verrattiin viljasadon teoreettista määrää siiloihin varastoidun ja varisseen viljan määriin. Joissain tilanteissa siiloihin tullut viljamäärä saattoi jäädä liian pieneksi, koska osa viljasta jäi puimurin säiliöön tai kaatosuppilon pohjalle. Kyseisissä tilanteissa loppuerät poistettiin ns. roskakoriin, jotta malli olisi toiminut kuin todellisessa tilanteessa. Todellisessa elämässä ei muodostuisi tilannetta, jossa viljelijä puisi puimurin säiliön puolilleen ja se olisi erikseen haettava traktori-perävaunu yhdistelmällä.

Uudistetussa mallissa puintikapasiteettiin vaikutettiin lohkokertoimen avulla. Kerroin perustuu Työteho-seuran tekemään työnormitutkimukseen (Työteho-seura 1988). Lohkokerroin on riippuvainen puitavan lohkon pinta-alasta (Kuva 25). Kerroin saa arvon yksi suorakaiteen muotoisella kahden hehtaarin loholla (100 m x 200 m). Kahta hehtaaria suuremmilla lohkoilla kertoimen arvo on alle yhden ja pienemmillä suurempi kuin yksi. Pinta-alan vaikutus puinnin työnmenekkiin on esitetty myös kuvassa 25. Vaikutus on yllättävän vähäinen, mutta tätä tietoa kuitenkin käytettiin, koska uudempiä tutkimustuloksia ei ole. Aihe olisi kuitenkin hyvä jatkotutkimuskohde.

Peltolohkon muodon vaikutusta puintikapasiteettiin ei voitu mallissa ottaa huomioon, koska yksiselitteistä menetelmää lohkojen luokitteluksi luokkiin muodon perusteella ei löydetty. Esimerkiksi lohkon piirin ja pinta-alan suhde ei ollut käyttökelpoinen parametri.



Kuva 25. Lohkokertoimen vaikutus ohran puintitehoon. Puimurin tehollinen leikkuuleveys oli 3,40 m.

Puimurin puintikapasiteetin määrittämisessä oli huomioitava lohkokertoimen vaikutus. Kun lohkon koko oli alle kaksi hehtaaria, malli alensi puintitehoa hieman. Vastaavasti yli kahden hehtaarin lohkoilla kapasiteettia nostettiin. Koska puintikapasiteettia haluttiin verrata myös muihin tutkimuksiin, validointi oli tehtävä kahden hehtaarin lohkoilla. Tällöin lohkokerroin ei vaikuttanut puintitehoon.

Puimurin tehollisen leikkuuleveyden oletettiin olevan 20 cm pienempi, kuin todellinen leikkuuleveys 3,6 m. Määrittämisessä puimurin leikkuuleveys oli siis 3,4 m. Kun viljan oletettiin olevan 10 % laossa, työnopeus oli 4,54 km/h. Edellä mainittujen parametrien perusteella 200 metrin kaistan puimiseen kului aikaa 2 minuuttia 38 sekuntia ( $0,2 \text{ km} / 4,54 \text{ km/h} = 0,044 \text{ h} = 2,64 \text{ min}$ ). Kun puitu pinta-ala oli  $200 \text{ m} * 3,40 \text{ m} = 0,68 \text{ ha}$ , puintitehoksi saatiin  $0,68 \text{ ha} / 0,044 \text{ h} = 1,55 \text{ ha/h}$ . Arvoon ei sisälly puinnin aikana tapahtuva säiliön tyhjennys eikä käännökset.

Vertailun vuoksi simuloinnista kertyvä numeroaineisto vietiin taulukkolaskentaohjelmaan, jonka perusteella laskettu puintiteho kahden hehtaarin lohkoilla oli 1,40 ha/h. Se oli alhaisempi verrattuna yllä laskettuun puintitehoon. Tämä johtui siitä, että arvoon sisältyi säiliön tyhjennys ja käännökset. Mäkelän ja Laaksosen (1990) tekemään tutkimuksen mukaan, ajonopeuden ollessa 5 km/h ja tehollisen työleveyden 3,4 m puimurin puintikapasiteetti oli 1,49 ha/h. Tähän arvoon sisältyvät käännökset ja säiliön tyhjennys. Verrattaessa tulosta mallin laskemaan puintitehoon (1,40 ha/h), voidaan todeta, että mallissa toteutettu puinti oli oikein ohjelmoitu.

#### 6.4.4 Kokonaisvalidointi

Kokonaisvalidoinnissa mallilla saatuja tuloksia verrattiin Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen MTTL (Aaltonen ym. 1999) tekemään selvitykseen Viljan korjuu-, kuivaus- ja logistiikkakustannukset Suomessa. Tutkimuksen aineisto oli kerätty Ala-Mantilan ja Riepposen (1998) ja Mäkimattilan (1998) laskelmista, Elintarviketiedon kesällä 1998 tekemästä Datalaari kyselystä sekä Työtehoseuran puinti-, kuivaus- ja logistiikkakustannuksia koskevista laskelmista. Lisäksi viljan satamakustannuksia oli selvitetty puhelinkyselyllä viljan vientiä harjoittavilta yrityksiltä. Taulukossa 14 on esitetty tärkeimmät parametrit, joita Aaltonen ym. (1999) olivat käyttäneet tutkimuksessaan. Koska kaikkia mallin parametreja ei ollut mahdollista päivittää Aaltosen ym. (1999) tutkimuksen mukaan, taulukossa 14 on esitetty myös malliin syötettyjen parametrien arvot. Simuloinnissa käytettiin vuoden 1999 hintatietoja ja kuivausmenetelmä oli lämminilmakuivaus.

Taulukko 14. Kokonaisvalidoinnissa käytetyt tärkeimmät parametrit

Parametri	MTTL	Malli
Lohkojen keskikoko	2,8 ha	3,3 ha
Työntekijät	1,6	2
Traktorin koko	51-60 kW	60 kW
Traktorin ikä	-	5 v
Traktorin hankintahinta	27.160 €	29.432 €
Perävaunut	2,18	2
Ikä	9 v	9 v
Puimurin leikkuuleveys	2,8 m	3 m
Puimurin ikä	17 v	17 v
Puimurin hankintahinta	47.900 €	42.890 €
Kuivurin koko	116 hl	140 hl
Kuivurin ikä	17 v	17 v
Kuivurin hankintahinta	50.230 €	51.570 €

Simuloinnin mukaan viljan korjuu- ja varastointikustannus oli 7,23 snt/kg. Aaltosen ym. (1999) tekemän tutkimuksen mukaan korjuu- kuivaus ja logistiikkakustannukset olivat 7,97 snt/kg, johon sisältyi viljan rahtikustannus 0,79 snt/kg. Koska malli ei huomioi rahtikustannuksia, Aaltosen ym. (1999) saamasta tuloksesta oli vähennettävä rahtikustannus. Korjauksen jälkeen korjuukustannus oli 7,18 snt/kg. Mallin mukaan viljan korjuu- ja varastointikustannus viljakiloa kohden oli lähes sama. Ero johtui siitä, ettei mallin parametreja ollut mahdollista päivittää täysin samoiksi verrattavaan tutkimukseen nähden.

Mallin antamia tuloksia verrattiin myös Klemolan ym. (1994) tutkimukseen, jossa on laskettu kustannukset eri säilöntämenetelmille. Vilja-alaksi oletettiin 30 ha. Tässä vertailussa tuli esille se, että simulointimallin käyttämä prosenttipoistomenetelmä on hyvin herkkä oletetulle tuotantovälineiden iälle. Jos esimerkiksi puimurin iäksi asetettiin 2 vuotta, niin korjuun- ja varastoinnin kustannukset olivat liki kaksinkertaiset Klemolan ym. (1994) tuloksiin verrattuna. Klemolan ym. (1994) laskelmissa oli käytetty kiinteänhintaista vuokra-puimuria.

Mikäli oletettiin, että tuotantovälineistö on jo 17 vuoden ikäistä, simulointimalli antoi hyvin samantasoisia tuloksia Klemolan ym. (1994) tutkimukseen verrattuna. Mallin mukaan ilmatiivissäilöntä olisi halvinta (5,7 snt/kg) ja lämminilmakuivaus kalleinta (7,2 snt/kg) 30 ha:n vilja-alalla. Muut tuoresäilöntämenetelmät olivat hyvin samanhintaisia verrattuna ilmatiiviiseen varastointiin. Klemolan ym. (1994) tuloksissa halvimman ja kalleimman menetelmän välinen hintaero oli hieman suurempi. Siinä jyväsäilöntä oli edullisinta (6,4 snt/kg) ja lämminilmakuivaus kalleinta (8,9 snt/kg). Jyväsäilönnän eduksi oli laskettu se, että propionihapolla itsellään on myös rehuarvoa. Tästä vertailusta voidaan todeta, että molemmat laskentamallit antavat samansuuntaisia tuloksia, vaikka kaikkia lähtöarvoja ei pystytty asettamaan samoiksi laskelmien erilaisen rakenteen takia.

## **7 Simuloinnit**

Simuloinnit koostuivat kolmesta osasta. Herkkyysanalyysijä koskevissa simuloinneissa jatkettiin mallin hypoteesien voimakkuuden tutkimista. Periaatteena oli selvittää kuinka malli reagoi tiettyjen parametrien muutoksiin. Toisessa osassa verrattiin vanhaa ja uutta mallia keskenään. Tavoite oli selvittää, olisiko edellisessä tutkimuksessa tehty erilaisia johtopäätöksiä, jos laskenta olisi tehty uudella mallilla. Varsinaiset tähän tutkimukseen liittyvät simuloinnit muodostivat kolmannen osan, joissa pääpaino keskittyi tilusrakenteeseen. Tilusrakennetta koskevissa simuloinneissa tutkittiin tilan lohkokokoon, lohkojen etäisyyden ja tiestön kunnon vaikutusta kustannuksiin. Lisäksi maatilaa laajentumista sekä erilaisia kuivuri- ja tuoresäilöntämenetelmiä simuloitiin, koska näiden asioiden uskottiin vaikuttavan korjuu- ja varastointikustannuksiin huomattavasti.

### **7.1 Herkkyysanalyysit**

Peruslähtökohta herkkyysanalyysissä oli 120 hehtaarin tila, jossa oli ohraa 48 ha, kauraa 24 ha, kevätvehnää 24 ha, syysvehnää 12 ha ja ruista 12 ha. Mallin parametrit valittiin 120 hehtaarin tilan mukaan. Tilalla oli töissä kaksi henkilöä, koneina kaksi traktoria, kaksi perävaunua ja leikkuupuimuri, jonka



leikkuuleveys oli 360 cm. Sääaineisto oli vuodelta 1997 ja lämminilmakuivurin koko oli 30 m<sup>3</sup>. Liitteessä 1 on esitetty parametrit täsmällisesti.

Mallin herkkyyttä testattiin muuttamalla lohkonvaihtoon kuluva aikaa, polttoöljyn hintaa sekä vaihtamalla traktorin maantienopeutta ja peltotienopeutta. Seuraavassa on esitetty herkkyyksanalyysien testattavat parametrit.

- Lohkonvaihtoon kuluva aika puinnin yhteydessä 10, 20 ja 30 min, (Simuloinnit 1 - 3)
- Polttoöljyn hinta 28,8; 33,6; 39,9; 42,0 ja 50,5 snt/l, (Simuloinnit 4 – 7)
- Traktorin maantienopeus 15, 20, 30 ja 40 km/h, (Simuloinnit 8 - 11)
- Traktorin peltotienopeus 5, 10, 15 ja 20 km/h, (Simuloinnit 8 - 11)

Taulukossa 15 on herkkyyksanalyysien tulokset. Viljan korjuun- ja varastoinnin kustannukset on ilmoitettu korjattua tuhatta kiloa kohden. Kokonaiskustannukset on eritelty kiinteisiin, muuttuviin ja ajallisuuskustannuksiin. Puintitunnit koostuvat puimurin varsinaisesta puintityöstä ja lohkonvaihtoista. Puimurin siirtoajoon kuluva aikaa ei sisällytetty kokonaisaikaan. Traktoreiden 1 ja 2 tunnit koostuvat pelkästään siirtoajosta. Taulukon työtunnit koostuvat traktoria ajavien henkilöiden työtunneista, joihin on laskettu mukaan perävaunun täyttöön kuluva odottelu-aika. Kuivaustunteihin on laskettu kuivurin täyttöön, kuivaukseen, jäähdytykseen ja tyhjennykseen kuluvat ajat.

Taulukko 15. Herkkyyksajojen tulokset.

Simulointi	Lohkonvaihto, min	Polttoaine, snt/l	Maantienopeus, km/h	Peltotienopeus, km/h	Kustannukset, €/t	Kokonaiskustannukse, €	Kiinteäkustannukset, €	Muuttuvat kustannukset, €	Ajallisuuskustannus, €	Puintitunnit	Traktori 1 tunnit	Traktori 2 tunnit	Työtunnit	Kuivaustunnit
1	10	39,9	30	15	75,7	28 898	19 124	7 340	2 434	91	17	2	100	302
2	20	39,9	30	15	75,7	29 077	19 124	7 415	2 537	95	18	3	101	301
3	30	39,9	30	15	77,4	29 173	19 124	7 372	2 676	97	18	2	100	296
4	10	28,8	30	15	72,3	27 812	19 124	6 254	2 434	91	17	2	100	302
5	10	33,6	30	15	74,0	28 289	19 124	6 731	2 434	91	17	2	100	302
6	10	42,0	30	15	75,7	29 112	19 124	7 553	2 434	91	17	2	100	302
7	10	50,5	30	15	79,0	29 934	19 124	8 376	2 434	91	17	2	100	302
8	10	39,9	15	5	75,7	29 178	19 124	7 610	2 444	91	32	11	118	302
9	10	39,9	20	10	75,7	28 997	19 124	7 435	2 438	91	21	7	107	302
10	10	39,9	40	15	75,7	28 847	19 124	7 293	2 430	91	14	2	97	302
11	10	50,5	15	5	79,0	30 240	19 124	8 672	2 444	91	32	11	118	302

Ensimmäisen simuloinnin (tummennettu) parametreja käytettiin oletuksena tilusrakennetta, laajentumista ja eri kuivausmenetelmiä koskevissa simuloinneissa. Tämän takia herkkyyksajojen simulointeja 2-11 verrattiin ensimmäisen simuloinnin tuloksiin.

Lohkonvaihdon kestäessä 30 minuuttia, kustannus tonnia kohden nousi 1,7 € korkeammaksi kuin tapauksissa, joissa lohkonvaihto kesti 10 ja 20 minuuttia. Lohkonvaihtoon kuluvan ajan pidentyessä ajallisuuskustannus kasvoi ja kivi-vaustunnit alenivat, koska osa viljasta jäi peltoon varisemisen takia.

Polttoaineen hinta oli noussut vuodesta 2000 (simulointi 4) vuoteen 2002 (simulointi 1) 11,1 snt/l. Kahden vuoden aikana tapahtunut hinnan nousu kohotti korjuun ja varastoinnin kustannusta 3,4 €/tonni (Simuloinnit 1 ja 4). Jos polttoaineen litrahinta nousi 39,9:stä 50,5:een senttiin, kustannus kasvaisi 3,3 €/tonni.

Traktorin ajonopeuden avulla simuloitiin tiestön vaikutusta kustannuksiin. Alhaisen ajonopeuden aiheuttama traktorin käyttötuntien nousu ei kasvattanut kustannuksissa kuin nimellisesti. Kustannuksia nosti polttoaineen kulutuksen, traktorin käyttötuntien ja työtuntien kasvu. Simulointien mukaan tiestöllä ei ollutkaan merkittävää vaikutusta kustannuksiin esimerkkitalalla.

Herkkyysanalyysit vahvistivat käsityksen siitä, etteivät lohkonvaihtoon kuluva aika ja tiestön kunto merkittävästi vaikuta viljan korjuu- ja varastointikustannukseen. Tiestön kunto on siis enemmänkin mukavuus- ja turvallisuustekijä kuin kustannustekijä. Teiden huono kunto voi aiheuttaa koneiden rikkoutumisia ja vaaratilanteita, joita simuloinneissa ei otettu huomioon.

Herkkyysanalyysien avulla testattiin myös mallin reagointia parametrien muutoksiin. Käytettäessä esimerkkitalan koneita ja tilusrakennetta ei todettu eroa erikuntoisten tiestöjen välillä. Jos puimurin ja kuivurin kapasiteetit olisivat olleet suuremmat, tiestön kunnon vaikutus olisi ollut todennäköisesti selvempi, koska ajallisuuskustannus olisi voinut vaikuttaa lopullisiin kustannuksiin.

## **7.2 Uuden ja vanhan mallin vertaaminen**

Vertaamalla uutta ja vanhaa mallia tutkittiin, oliko mallin kehittäminen vaikuttanut tuloksiin. Myös kolmen vuoden aikana tapahtunut hintojen nousun aiheuttama vaikutus testattiin. Simulointien lähtökohta oli, että molempiin malleihin syötettiin sama lähtöaineisto. Virtuaalitala muodostettiin herkkyyssajon tilasta, jonka pinta-ala oli 120 ha. Tilan tiedot on kuvattu tarkemmin edellisessä luvussa 7.1.

Vanhassa mallissa tilan tilusrakenne otettiin huomioon keskiarvolukuina. Traktorin ajonopeus oli 20 km/h ja ajomatka pellolta talouskeskukseen 5,7 km. Uudessa mallissa otettiin huomioon lohkojen sijainti ja koko lohkokohdaisesti. Koska uutta ja vanhaa mallia haluttiin verrata mahdollisimman tasapuolisesti ja luotettavasti, uuden mallin käyttämä tilusrakenne oli suunniteltava vanhaa mallia vastaavaksi.

Tavoite toteutettiin suunnittelemalla virtuaalitalan tilusrakenne siten, että traktorin keskimääräinen nopeus ja ajomatka lohkoilta taluskeskukseen olivat samat kuin vanhassa mallissa. Simuloinnissa 2 virtuaalitalan lohkoja oli viisi (ohra 48 ha, kaura 24 ha, kevätvehnä 24 ha, syysvehnä 12 ha ja ruis 12 ha). Tämä tilanne vastasi parhaiten vanhan mallin (simulointien 1 ja 4) viljajakaumaa. Simuloinneissa 3 ja 6 virtuaalitala käsitti 39 lohkoa. Tämä tilanne vastasi parhaiten todellista tilannetta, koska siinä huomioitiin tilusrakenteen vaikutus kustannuksiin. Simulointiajojen tulokset ovat taulukossa 16.

Taulukko 16. Uuden ja vanhan mallin vertaaminen.

Simulointi	Malli	Lohkoja	Hintatiedot	Kustannukset, €/t	Kokonaiskustannukse, €	Kiinteätkustannukset, €	Muuttuvat kustannukset, €	Ajallisuuskustannus, €	Puintitunnit	Traktori 1 tunnit	Traktori 2 tunnit	Työtunnit	Kuivaustunnit
1	Vanha	5	1999	70,6	27 382	19 153	5 862	2 366	91	23	16	116	298
2	Uusi	5	1999	67,3	26 545	19 153	5 886	1 506	93	24	14	109	304
3	Uusi	39	1999	72,3	27 565	19 153	5 725	2 687	91	18	3	101	302
4	Vanha	5	2001	75,7	29 019	19 153	7 556	2 311	91	24	16	120	299
5	Uusi	5	2001	72,3	28 132	19 153	7 555	1 425	93	24	14	109	304
6	Uusi	39	2001	75,7	28 963	19 153	7 357	2 453	91	18	3	101	302

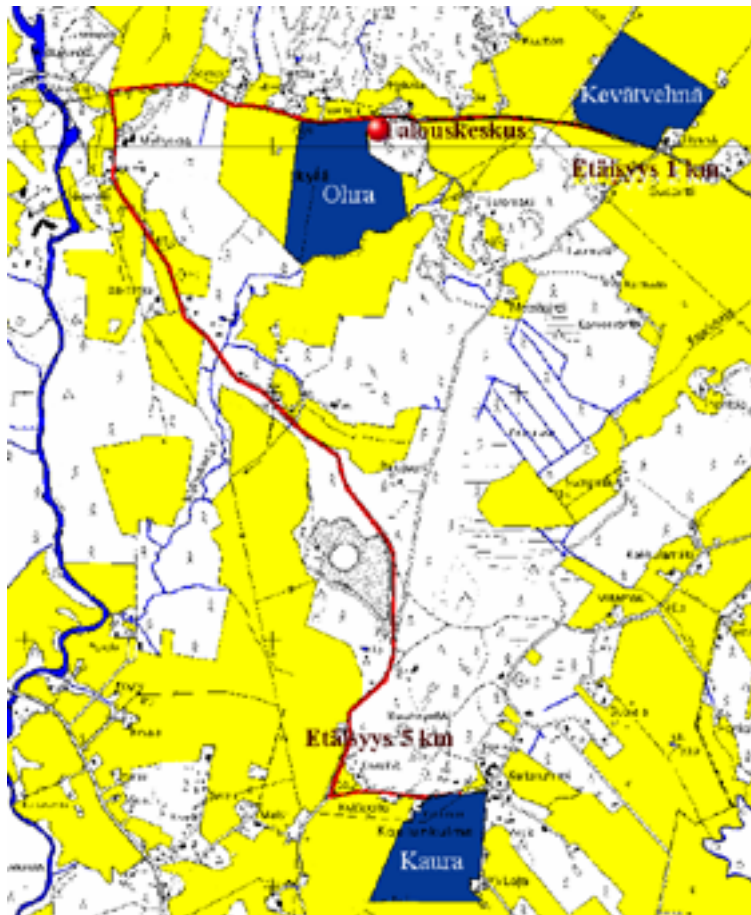
Käytettäessä vuoden 1999 hintatietoja, uudella mallilla laskettu korjuu- ja varastointikustannus oli alempi kuin vanhalla mallilla laskettu kustannus. Ero johtuu siitä, että uudessa mallissa puimuri osasi järkevämmän toteuttaa puinnin loppumisen työpäivän päätyttyä. Jos esimerkiksi lohkoista oli työpäivän päätyttyä puimatta alle puoli hehtaaria, vanha malli lopetti puinnin ja jatkoi seuraavalla kerralla samalta lohkolta tai mahdollisesti aloitti uuden viljalajin puinnin. Uusi malli sen sijaan pui lohkon loppuun, kuten viljelijäkin pyrkii tekemään, vaikka puinti ei esimerkiksi runsaan kasteen vuoksi kovin hyvin enää sujukaan. Todellista maatilaa kuvaavan simuloinnin 3 mukaan kustannus tonnia kohden oli 72,3 €. Kustannusero vanhaan malliin verrattuna johtui tilusrakenteen huomioon ottamisesta. On kalliimpaa puida 39 lohkoa kuin 5 lohkoa.

Hintatietopäivityksen jälkeen (simuloinnit 4 – 6), kustannukset nousivat muuttuvien kustannusten lisääntymisen vuoksi. Simulointien 4 ja 5 kustannusero vuoden 2001 hintoja käytettäessä oli lähes sama, kuin simuloinneissa 1 ja 2. Simuloinnin 6 korjuu- ja varastointikustannus oli sama kuin simulointien 4. Käytettäessä vuoden 1999 hintoja vastaavien simulointien (1 ja 3) ero oli 1,7 €/tn. Tämä johtui pääosin siitä, etteivät simulointien 4 ja 6 muuttuvat kustannukset ja ajallisuuskustannukset poikenneet toisistaan niin paljon kuin käytettäessä vuoden 1999 hintatietoja. Simuloinnin 4 muuttuvat kustannukset lähestyivät simuloinnin 6 muuttuvia kustannuksia, koska traktorikuljettajan työtunnit lisääntyivät. Hintojen päivitys vaikutti myös viljalajien puintijärjestykseen. Malli valitsee puitavan viljalajin viljan hinnan mukaan, ja puintijär-

jestys on voinut olla erilainen, vaikka lähtötiedot ovat olleet samat. Tämä on suurin epävarmuustekijä verrattaessa vanhalla ja uudella mallilla tehtyjä simuloitteja.

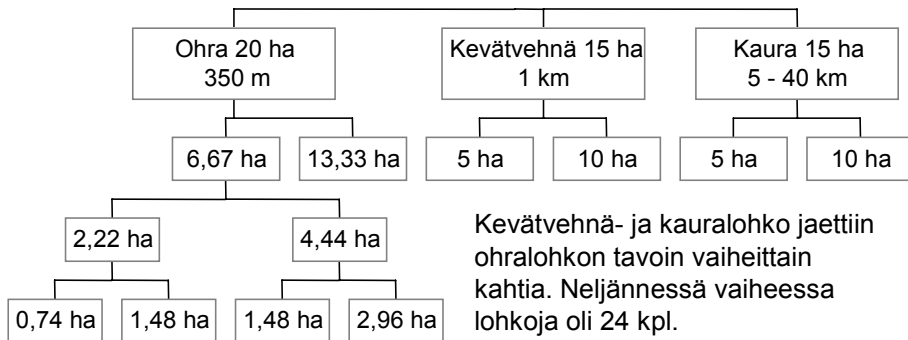
### 7.3 Tilan lohkokoon vaikutus korjuukustannuksiin

Tutkittaessa lohkokoon vaikutusta kustannuksiin, peruslähtökohtana oli 50 hehtaarin virtuaalitala, joka on esitetty kartalla kuvassa 26. Tilalla oli 20 ha ohraa, 15 ha kauraa ja 15 ha kevätvehnää. Ohralohkon etäisyys talouskeskuksesta oli 350 m, kevätvehnälohkon 1 km ja kauralohkon 5 km. Tilan konekapasiteetti oli hieman ylimitoitettu, koska se mitoitettiin 70 hehtaarin tilan mukaan. Puimurin leikkuuleveys oli 3 m. Simuloinneissa käytettiin yhtä traktoria, jolla oli mahdollista siirtää 15 ja 10 m<sup>3</sup>:n perävaunua. Tilan kuivurin tilavuus oli 14 m<sup>3</sup> ja se oli 12 vuotta vanha. Tilalla työskenteli sadonkorjuun aikana kaksi henkilöä.



Kuva 26. Periaatekuva virtuaalitalan tilusrakenteesta. Sen avulla tutkittiin lohkokoon, lohkojen etäisyyden ja tilan laajenemisen vaikutusta viljan korjuu- ja varastointikustannuksiin. (Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupa nro 131/MYY/03).

Lohkokokoa käsittävät simuloinnit tehtiin vaiheittain. Ensimmäisessä vaiheessa jokainen viljalaji oli yhtenä lohkona. Toisessa vaiheessa viljalajien pinta-alat jaettiin kahteen lohkoon siten, että lohkojen koot olivat 1/3 ja 2/3 edellisestä vaiheesta. Samoin meneteltiin myös kolmannessa ja neljännessä vaiheessa. Viimeisessä vaiheessa lohkoja oli siten 24 kpl (kuva 27). Simuloinneissa käytettiin vuosien 1997 ja 1998 säätietoja. Myös lohkon vaihtoon kuluva aikaa muutettiin, koska oli mielenkiintoista nähdä kuinka lohkokoko ja lohkon vaihtoon kuluva aika yhdessä vaikuttivat kustannuksiin.



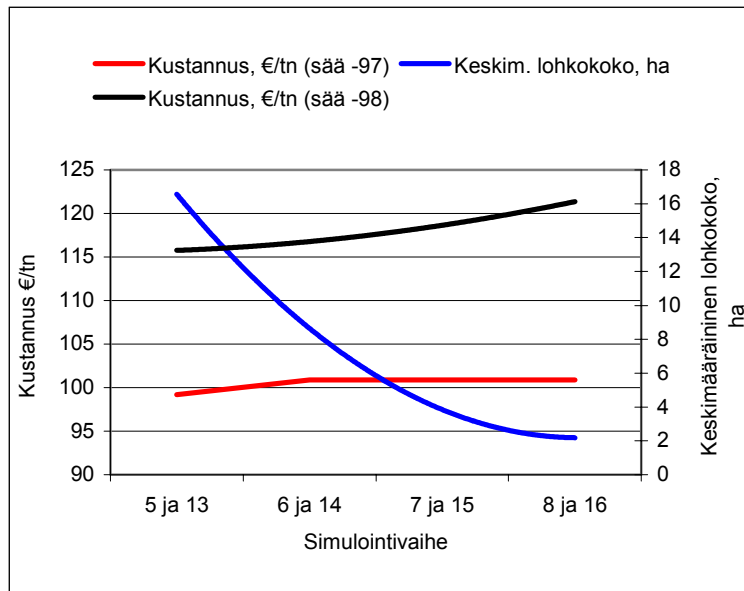
Kuva 27. Lohkokoon vaikutusta kustannuksiin tutkittiin pilkkomalla lohkot vaiheittain pienemmiksi ja muuttamalla lohkojen sijaintia.

Lohkojen koko tai etäisyys ei juurikaan vaikuttanut korjuukustannuksiin, kun sadonkorjuusää oli hyvä, simuloinnit 1 – 8 (taulukko 17). Sadonkorjuusään ollessa huono kustannustaso oli kaikissa simuloinneissa vähintään 16 €/tn korkeampi kuin hyvän sään vallitessa, simuloinnit 9 - 16. Ero johtuu pääosin viljan varisemisen ja laadun heikkenemisen aiheuttamasta ajallisuuskustannuksesta.

Huonon korjuusään vallitessa keskimääräisen lohkokoon pieneneminen alle 4,20 hehtaarin (kuva 28) lisäsi kustannuksia 3 % ja lohkon vaihtoon kuluva ajan kaksinkertaistuminen lisäsi kustannuksia edelleen 1,5 %. Sää vaikuttaa siis kustannuksiin selvästi enemmän kuin lohkokoko ja etäisyys. Huono lohkorakenne ja etäisyys korostavat sään vaikutusta. Huonon sään vaikutus voi olla simuloitua suurempi, koska malli ei ota huomioon sadekatkojen aiheuttamaa lisätyötä. Työn organisointi vaikeutuu ja viljelijä joutuu olemaan koko ajan valmiina puintin jatkamiseen, mikä haittaa muiden töiden tekemistä.

Taulukko 17. Lohkokoon vaikutus viljan korjuu- ja varastointikustannuksiin.

Simulointi	Lohkoja	Lohkonvaihto min	Sää	Kustannukset €/t	Kokonaiskustannukset €	Kiinteäkustannukset €	Muuttuvat kustannukset €	Ajallisuuskustannus €	Puintitunnit	Traktori 1 tunnit	Työtunnit	Kuivaustunnit
1	3	10	-97	99,2	16 696	13 279	3 263	154	45	5	47	180
2	6	10	-97	100,9	16 849	13 279	3 284	281	46	5	48	179
3	12	10	-97	100,9	16 884	13 279	3 287	317	46	5	48	179
4	24	10	-97	100,9	16 981	13 279	3 373	330	49	6	51	179
5	3	20	-97	99,2	16 702	13 279	3 268	154	49	6	51	179
6	6	20	-97	100,9	16 859	13 279	3 294	286	49	6	51	179
7	12	20	-97	100,9	16 905	13 279	3 308	318	49	6	51	179
8	24	20	-97	100,9	17 026	13 279	3 416	330	49	6	51	179
9	3	10	-98	116,0	18 024	13 279	3 007	1 738	41	5	44	165
10	6	10	-98	116,0	18 045	13 279	3 025	1 742	42	6	45	165
11	12	10	-98	116,0	18 060	13 279	3 033	1 747	42	6	44	165
12	24	10	-98	119,4	18 345	13 279	3 021	2 045	43	6	44	163
13	3	20	-98	116,0	18 025	13 279	3 008	1 738	42	5	44	165
14	6	20	-98	116,0	18 063	13 279	3 040	1 743	42	7	45	165
15	12	20	-98	119,4	18 299	13 279	3 008	2 012	43	5	44	162
16	24	20	-98	121,1	18 420	13 279	3 060	2 080	45	6	44	162



Kuva 28. Viljan korjuukustannus €/tn simuloituna vuosien 1997 ja 1998 sää-aineistoa käyttäen (simuloinnit 5-8 ja 13-16, lohkon vaihtoon kuluva aika 20 min) sekä taulukossa 16 esitetyjä lohkorakenteita vastaavat keskimääräiset lohkokoot.

## 7.4 Tilan lohkojen etäisyyden vaikutus korjuukustannuksiin

Lohkojen etäisyyksien vaikutusta kustannuksiin simuloitiin käyttäen samaa virtuaalitalaa kuin simuloitaessa lohkokokoa. Peruslähtökohtana oli edellisen luvun simulointi 2, jossa lohkoja oli kuusi. Etäisyyden vaikutusta tutkittiin, kasvattamalla kauralohkojen etäisyyttä 5 km:stä aina 40 km:iin.

Käytettäessä vuoden 1997 säätietoja etäisyys ei vaikuttanut kustannuksiin. Korjuu- ja varastointikustannus oli silloin 100,9 €/tonni. Taulukossa 18 on esitetty vuoden 1998 säätietoja käyttäen tehdyt simulointiajat. Kun tilalla työskenteli 2 henkilöä, kustannukset kasvoivat vasta, kun etäisyys oli 40 km. Kun tilalla työskenteli yksi henkilö, puintikausi piteni yli 21 päivään. Tästä johtuen kustannukset nousivat lähinnä ajallisuuskustannuksen kasvun vuoksi. Kun kauralohkojen etäisyys talouskeskuksesta oli 40 km (Simulointi 10) ja tilalla työskenteli yksi henkilö, kustannukset olivat 127,8 €/tonni. Simuloinneissa oletettiin, että puimurilla ajettiin vain kerran alueelle, jossa lohkot sijaitsevat. Näin kustannusten nousu johtui lähes kokonaan viljan siirtoajon kasvaneista kustannuksista.

Taulukko 18. Lohkojen etäisyyden vaikutus korjuu- ja varastointikustannuksiin käytettäessä vuoden 1998 säätietoja.

Simulointi	Etäisyys, km	Henkilöt	Kustannukset, €/t	Kokonaiskustannukse, €	Kiinteäkustannukset, €	Muuttuvat kustannukset, €	Ajallisuuskustannus, €	Puintitunnit	Traktori 1 tunnit	Työtunnit	Kuivaustunnit	Puintikausi, päivä
1	5	2	116,0	18 045	13 279	3 025	1 742	42	6	45	165	13
2	10	2	116,0	18 075	13 279	3 055	1 742	42	9	47	165	13
3	20	2	116,0	18 132	13 279	3 112	1 742	42	15	51	165	13
4	30	2	116,0	18 190	13 279	3 170	1 742	42	21	55	165	13
5	40	2	117,7	18 258	13 279	3 237	1 742	42	27	61	165	13
6	5	1	119,4	18 173	13 279	2 678	2 208	41	13	13	161	21
7	10	1	121,1	18 291	13 279	2 708	2 304	40	16	16	160	21
8	20	1	126,1	18 776	13 279	2 868	2 629	40	33	33	157	23
9	30	1	126,1	18 841	13 279	3 063	2 499	40	47	47	158	23
10	40	1	127,8	18 934	13 279	3 127	2 528	40	53	53	158	23

## 7.5 Tilan laajentuminen

Tilan laajentumista simuloitiin edelleen virtuaalitalan avulla. Tilan konekapasiteetti oli ylimitoitettu, koska se oli mitoitettu 70 hehtaarin tilan mukaan. Siksi tilan laajeneminen oli mahdollista ilman lisäinvestointeja. Peruslähtö-

kohta oli sama kuin luvun 7.3 ”Tilan lohkokoon vaikutus korjuukustannuksiin” simulointi 3, jossa lohkoja oli 12. Esimerkkitalan peltopinta-alaa kasvatettiin vaiheittain 5 ja 10 hehtaarin lohkoilla sekä 30 hehtaarin alueella, joka oli jaettu neljään lohkoon. Lohkojen etäisyyttä vaihdeltiin 5-40 km:iin.

Kun 50 hehtaarin viljatila laajentui 5 hehtaarilla, kustannus aleni 6,7 €/tonnia (Taulukko 19). Vastaavasti 10 hehtaarin laajennus alensi kustannuksia 11,8 €/tonnia. Kuten edellä todettiin, lohkojen etäisyydellä ei ollut merkittävää vaikutusta viljan korjuu- ja varastointikustannuksiin. Tämä pätee myös 5 ja 10 hehtaarin lisämaan hankinnassa.

Kun tilan pinta-alaa kasvatettiin 30:llä hehtaarilla, kustannus vuoden 1997 säätiedoilla oli 79 €/tonni. Vuoden 1998 säätiedoilla kustannukset kohosivat lähinnä ajallisuuskustannusten takia. Myös alueen etäisyydellä oli pieni merkitys kustannuksiin. Kun lisämaa sijoitettiin yli 20 km:n päähän, kustannus alkoi kohota. Vuoden 1998 säätiedoilla kustannus alkoi kohota vasta 30 km etäisyydellä. Tulosten perusteella laajentamalla kustannukset saadaan alenemaan. Kuitenkin suurehkon alueen (30 ha) etäisyyden kasvaessa yli 30 kilometrin kustannukset alkavat jälleen kohota.

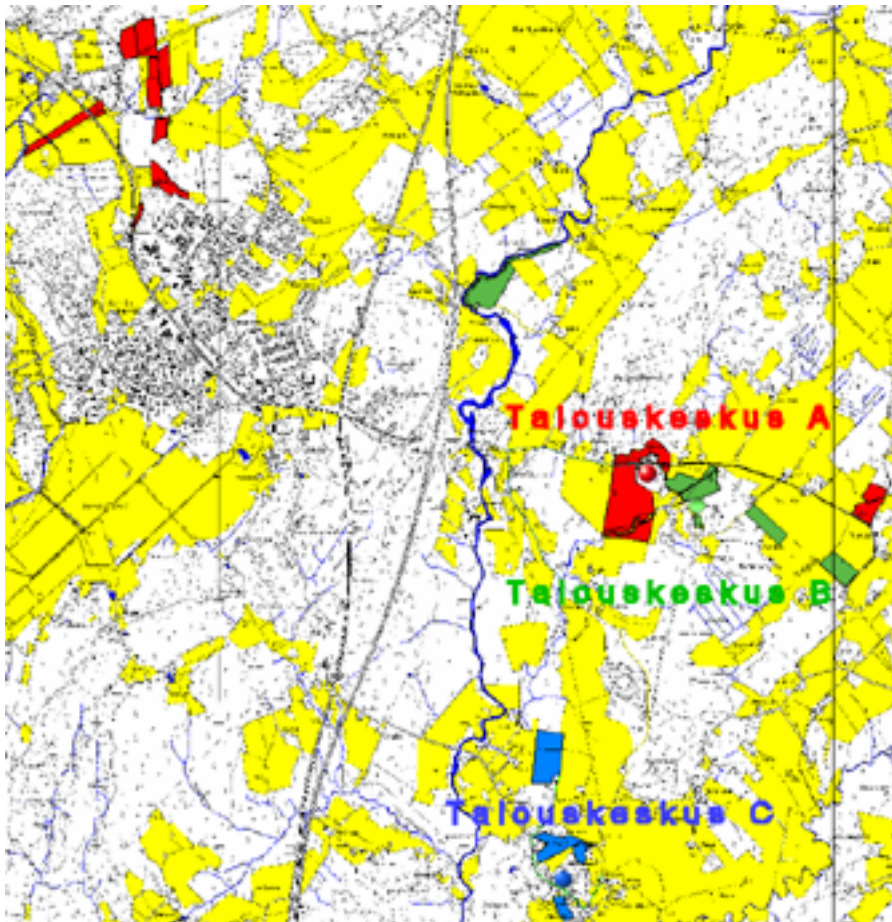
Taulukko 19. Tilan laajentumisen vaikutus viljan korjuu- ja varastointikustannukseen. Tilan pinta-alaa kasvatettiin 5 - 30 ha ja lisämaan sijaintia vaihdeltiin etäisyydelle 5 – 40 km:n.

Simulointi	Lisämaa, ha	Etäisyys, km	Lohkot	Sää	Kustannukset, €/t	Kokonaiskustannukse, €	Kiinteäkustannukset, €	Muuttuvat kustannukset, €	Ajallisuuskustannus, €	Puintitunnit	Traktori 1 tunnit	Työtunnit	Kuivaustunnit
1	-	-	12	-97	100,9	16 884	13 279	3 287	317	46	5	48	179
2	5	5	13	-97	94,2	17 326	13 314	3 563	449	51	6	52	192
3	5	10	13	-97	94,2	17 337	13 314	3 574	449	51	7	53	192
4	5	30	13	-97	94,2	17 386	13 314	3 622	449	51	11	57	192
5	10	5	13	-97	89,1	17 705	13 314	3 846	545	55	7	57	207
6	10	10	13	-97	89,1	17 740	13 314	3 873	552	55	9	59	207
7	10	30	13	-97	89,1	17 858	13 314	3 968	576	55	17	67	206
8	30	5	16	-97	79,0	20 294	13 314	4 843	2 136	70	12	76	254
9	30	10	16	-97	79,0	20 356	13 314	4 905	2 136	70	18	81	254
10	30	20	16	-97	80,7	20 476	13 314	5 027	2 136	72	40	101	254
11	30	30	16	-97	80,7	20 647	13 314	5 196	2 136	72	40	101	254
12	30	40	16	-97	80,7	20 779	13 314	5 339	2 136	73	52	110	254
13	30	5	16	-98	90,8	21 914	13 314	4 496	4 104	65	10	70	238
14	30	10	16	-98	90,8	21 974	13 314	4 554	4 106	65	16	74	238
15	30	20	16	-98	90,8	22 079	13 314	4 658	4 106	65	26	82	238
16	30	30	16	-98	92,5	22 184	13 314	4 764	4 106	65	36	90	238
17	30	40	16	-98	92,5	22 291	13 314	4 870	4 106	65	46	98	238



## 7.6 Tilojen verkottuminen

Koska tilojen välisen yhteistyön avulla on mahdollista alentaa kustannuksia, simuloitiin mallin avulla myös tilojen verkottumista. Yhteistyötä koskevat simuloinnit tehtiin kolmen todellisen maatilan avulla. Tilojen konekanta ja tilusrakenne selvitettiin kyselylomakkeen avulla. Lohkojen etäisyydet ja tietö määritettiin kuten luvussa 6.3 on kerrottu. Kuvassa 29 on esitetty simuloinneissa käytettyjen tilojen tilusrakenne. Tilan A lohkot on merkitty punaisella, tilan B vihreällä ja tilan C sinisellä. Talouskeskukset on kuvassa merkitty ympyrällä. Kuvassa on ainoastaan viljellyt lohkot, kesantolohkot jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Tilalla A oli viljelyksessä 47,8 ha, tilalla B 17 ha ja tilalla C 13 ha. Ensimmäisessä vaiheessa simuloitiin erillisten tilojen korjuu- ja varastointikustannukset. Tilalla A työskenteli kaksi henkilöä, tiloilla B ja C yksi henkilö.



Kuva 29. Tilojen välistä yhteistyötä simuloitiin kolmen maatilan avulla. Ensimmäisessä vaiheessa jokainen tila simuloitiin erikseen. Toisessa vaiheessa tilat yhdistettiin, jolloin talouskeskus B toimi keskuspaikkana. (Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupanro 131/MYY/03).

Toisessa vaiheessa (simulointi 4) tilat yhdistettiin. Uusi talouskeskus suunniteltiin tilan B paikalle, koska tila on keskeisellä paikalla ja kyseisellä tilalla oli suurin kuivuri. Konekannaksi valittiin tilojen uusimmat ja suurimmat koneet. Esimerkiksi puimuri oli tilalta A. Yhteistyötilalla työskenteli kaksi henkilöä.

Tilan A kustannus kiloa kohden oli 65,6 €/tonni (taulukko 20). Tilalla B kustannus oli 92,5 €/tonni ja tilalla C 116 €/tonni. Vaikka tilan A konekanta oli uusin ja kiinteät kustannukset korkeimmat, kustannukset olivat huomattavasti alhaisemmat viljatonna kohden kuin muilla tiloilla. Tämä johtui tilan A suurimmasta pinta-alasta, jolloin kustannukset jakautuivat isomman viljamäärän kesken. Tilan A työtunnit olivat huomattavasti korkeammat kuin tilojen B ja C, koska tilalla työskenteli kaksi henkilöä. Työtunnit koostuivat traktorin ajosta ja kuorman täyttymisen odotusajasta. Tilat B ja C olivat viljelyaltaan ja konekannaltaan lähes saman suuruiset. Kuitenkin tilalla C kustannus oli huomattavasti korkeampi kuin tilalla B. Pienillä tiloilla muutamankin hehtaarin vilja-alan lisäksi alentaa merkittävästi kilokohtaista kustannusta.

Taulukko 20. Tilojen yhteistyötä koskevien simulointien tulokset.

Simulointi	Viljelypinta-ala, ha		Kustannukset, €/t	Kokonaiskustannus, €	Kiinteäkustannukset, €	Muuttuvat kustannukset, €	Ajallisuuskustannus, €	Puintitunnit	Traktori 1 tunnit	Traktori 2 tunnit	Työtunnit	Kuivaustunnit
	Tila											
1	A	47,8	65,6	10 015	5 756	3 447	811	43	5	4	34	282
2	B	17	92,5	5 336	4 271	1 029	35	15	1	1	2	88
3	C	13	116,0	5 247	4 457	763	28	12	1	1	2	47
4	Yht.	77,8	53,8	13 347	6 334	5 199	1 813	69	11	4	71	290

Tilojen välisellä yhteistyöllä korjuu- ja varastointikustannus aleni 53,8 euroon/tonni. Olemassa oleva konekapasiteetti riitti hyvin uuden verkostotilan tarpeisiin. Ajallisuuskustannus ja kiinteät kustannukset eivät nousseet tilan A tasosta merkittävästi. Simulointien mukaan pienimmät tilat hyötyivät eniten yhteistyöstä. Esimerkiksi tilan C kustannus puolittui yhteistyön ansiosta. Malli ei ota huomioon yhteistyön tarjoamaa työvoiman käyttömahdollisuutta tiloille. Esimerkiksi tila A voisi hyödyntää pienempien tilojen ammattitaitoisia henkilöitä. Joissain tilanteissa sillä saattaa olla paljonkin merkitystä.

## 7.7 Kuivaus- ja säilöntämenetelmien vertailu

Noin 90 % Suomen viljasadosta varastoidaan kuivana (Klemola ym. 1994). Ylivoimaisesti yleisin viljan käsittelytapa ennen varastointia on lämminilma-kuivaus. Kuivattua viljaa voidaan käyttää leipäviljana, siemenenä, rehuna tai

teollisuuden raaka-aineena. Nykyiset lämminilmakuivurit voidaan automatisoida, joten kuivaus on mahdollista hoitaa vähällä ihmistyöllä. Tämä vähentää kustannuksia korjuukauden aikana. Toisaalta kuivuri on suuri investointi ja sen käyttöaika vuodessa on lyhyt. Uusien suurten kuivurien käyttöaikaa vuodessa onkin järkevää lisätä rahtikuivauksen avulla.



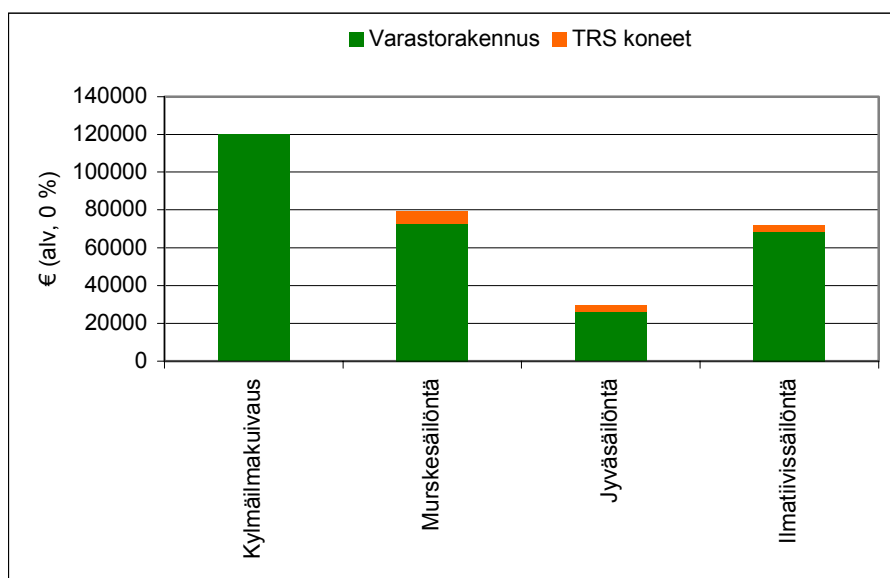
Kuva 30. Usein laajentavan tilan ei kannata uusia koko viljan varastointiketjuun, vaan hankkia lisää kapasiteettia olemassa olevan rinnalle. Joskus tuoresäilöntä sopii tähän, joskus esimerkiksi kuvassa oleva vaunukuivuri. (Kuva: Pasi Suomi)

Lämminilmakuivaukselle on myös vaihtoehtoja. Viljansa pääosin itse käyttävän karjatilan on mahdollista varastoida rehuvilja tuoresäilönnän tai kylmäilmakuivauksen avulla. Tuoreena varastointi perustuu joko happamuuteen, ilmatiiviyteen tai molempiin (Ekström ym. 1973, Pokki 1982, Huhtanen 1984, Ekström 1992, Klemola ym. 1994). Hapettomassa tilassa tai happamassa ympäristössä pH:n ollessa neljän tienoilla viljaa pilaavat mikroorganismit eivät viihdy. Hiivasienten ja maitohappobakteerien toiminta sen sijaan jatkuu, mutta niiden aineenvaihduntatuotteet eivät pilaa viljaa. Tuoreena säilötty vilja ei pölyä ja rikkakasvien siemenet hukkakaura mukaan luettuna menettävät itävyytensä. Haapala ym. (2001) ja tämän kirjoituksen luku 5.7 käsittelevät tuoresäilöntämenetelmiä yksityiskohtaisemmin.

Vaikka edellisellä mallilla oli jo simuloitu tuoresäilöntämenetelmiä (Haapala ym. 2001), simuloinnit oli mielenkiintoista toistaa uudella mallilla. Vertailussa mukana olivat: kuumailmakuivaus, lämminilmakuivaus, kylmäilmakuivaus, murskesäilöntä, jyväsäilöntä sekä ilmatiivissäilöntä.

Luvussa 5.6 on käsitelty lämminilmakuivurien teknisiä ratkaisuja sekä niiden investointikustannukset. Kuvassa 31 on esitetty kylmäilmakuivauksen ja tuoresäilöntämenetelmien investointikustannukset. Iso (120 ha viljaa) kylmäilmakuivuri on kallis hankkia, koska puhaltimien tehontarve on niin suuri, että niitä joudutaan käyttämään dieselmootoreilla. Myös täytön ja tyhjentämisen koneellistaminen on kallista. Murskesäilönnän ja ilmatiiviin säilönnän investointikustannukset ovat huomattavasti korkeammat kuin jyväsäilönnän. Jyvä- tai murskesäilöntä on kuitenkin toisinaan mahdollista toteuttaa käyttäen hyväksi jo olemassa olevia rakennuksia ja silloin kustannukset ovat selvästi alemmat.

Kuivaus- ja säilöntämenetelmien vertailun lähtökohta oli 120 hehtaarin tila, jolla oli 72 ha ohraa ja 48 ha kauraa. Tilan tilusrakenne oli sama kuin herkkystarkasteluissa. Tilalla oli 39 lohkoa ja simuloinneissa käytettiin liitteen 1 parametreja (2 henkilöä, 2 traktoria ja peräkärä, kuivurien ikä 2 v).

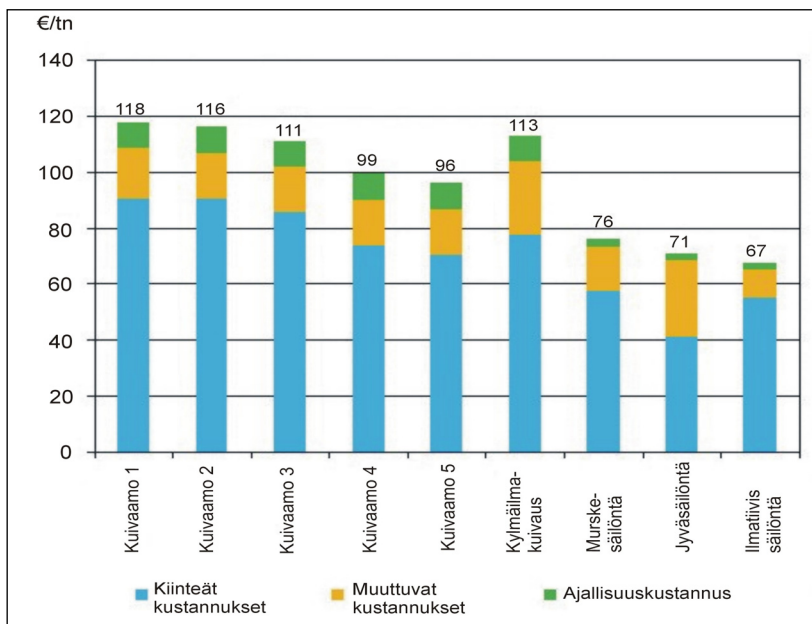


Kuva 31. Kylmäilmakuivauksen ja tuoresäilöntämenetelmien investointikustannukset 120 ha:n viljapinta-alalle.

Alipaineisen kuumailmakuivurin simuloinneissa parametrit päivitettiin luvun 5.3 kuivurimittausten perusteella. Mittauksissa kuivausaika 60 m<sup>3</sup> kuivurissa ohralle ja kauralle oli keskimäärin 7 tuntia, viljan alkukosteuden ollessa 18 – 29 %. Koska mallissa voitiin käyttää enintään 30 m<sup>3</sup> kuivuria, jouduttiin tämänkokoisen kuivurin teho arvioimaan. Koska 30 m<sup>3</sup> kuivurin elevaattorin, uunin ja polttimen teho oli puolta pienempi kuin 60 m<sup>3</sup> kuivurissa, voitiin olettaa että 30 m<sup>3</sup> kuivurin kokonaiskuivausaika olisi myös 7 tuntia. Kuivurimittausten perusteella polttoaineen kulutuksen oletettiin olevan 20 % alempi verrattuna normaaliin kuivuriin.

Edellä esitettyjen tietojen perusteella malliin rakennettiin osat, joiden avulla oli mahdollista tutkia kuumailmakuivauksen vaikutusta korjuukustannuksiin. Normaalkuivaus kesti 11,7 tuntia (täyttö, kuivaus, jäähdytys ja tyhjennys), viljan kosteuden ollessa 25 %. 30 m<sup>3</sup> lämminilmakuivurissa öljynkulutus kuivauksessa oli 34 l/h. Kun itse kuivaus erää kohden kesti 9,36 tuntia, öljyä kului yhteensä 318 litraa. Kuumailmakuivurissa erän kuivausaikana oli yhteensä 7 tuntia, josta kuivauksen oletettiin olevan päällä 5 tuntia. Kun öljyn kulutus kuumailmakuivurissa on 20 % alhaisempi normaaliin kuivuriin verrattuna, on sen kuivauksessa kulunut öljymäärä  $0,8 \cdot 318 \text{ l} = 255 \text{ litraa}$ . Tällöin kulutus kuivaustunnissa oli  $(255 \text{ l} / 5 \text{ h}) = 51 \text{ litraa}$ .

Kuvassa 32 on esitetty kuivaus- ja säilöntämenetelmien simulointitulokset. Normaalin lämminilmakuivauksen korjuu- ja varastointikustannus oli suurin. Käytettäessä korkealämpöistä alipainekuivausta kokonaiskustannus oli hieman alhaisempi kuin normaalin lämminilmakuivauksen. Tämä johtui alhaisemmista investointikustannuksista (pois lukien esimerkikiivaamo 2) ja muuttuvista kustannuksista. Muuttuvien kustannusten säästö johtui pienemmästä polttoöljyn kulutuksesta. Verrattaessa esimerkikiivaamoita 1 ja 2, kuivaamossa 2 käytettiin korkean lämpötilan alipainetekniikkaa, muuten rakenne oli sama molemmissa. Vaikka kuivaamon 2 investointikustannus oli hieman kalliimpi, alhaisempien muuttuvien kustannusten ansiosta kustannukset olivat alemmat. Kuivaamot 4-5 ovat selvästi muita edullisimpia, mutta niiden käyttöominaisuudet eivät ole yhtä hyvät, koska siiloja on vähän ja niiden tyhjennys ei ole yhtä helppoa kuin muissa esimerkikiivaamoissa.



Kuva 32. Kuivaus- ja tuoresäilöntämenetelmien korjuu- ja varastointikustannukset 120 ha:n viljapinta-alalla. Luvussa 5.6 on esitetty kuivaamoiden tekniset ratkaisut tarkemmin.

Investointikustannuksen herkkyyttä eli vaikutusta kokonaiskustannukseen kokeiltiin alentamalla normaalin kuivaamon (1) hankintahinta 160 000 eurosta 135 000 euroon. Tämä siksi, koska tiedettiin markkinoilla olevan halvempiäkin kuivaamoja, kuin mitä simuloinneissa on käytetty. Tällöin kokonaiskustannus laski 118 eurosta 109 euroon tonnia kohden.

Simulointien mukaan lämminilmakuivurien ja kylmäilmakuivurin ajallisuuskustannukset olivat samat. Voisi olettaa, että alipaineistettujen kuumailma-kuivureiden ajallisuuskustannus olisi tehokkuuden ansiosta pienempi. Näin ei kuitenkaan ollut, koska normaalikuivuri ja kylmäilmakuivuri ehtivät kuivata ja varastoida viljan yhtä nopeasti kuin alipaine-kuivurit. Kylmäilmakuivauksen muuttuvat kustannukset nostivat sen kokonaiskustannuksia. Tällä tilakoolla (120 ha) se on epäkäytännöllinen ratkaisu, koska viljaa joudutaan siirtämään kuivauslaareista varastoon ja se nostaa kustannuksia.

Verrattaessa tuoresäilöntämenetelmien kustannuksia, ilmatiivissäilöntä oli tällä tilakoolla edullisin. Kiinteät kustannukset ovat samaa tasoa kuin murskesäilönnässä, mutta ilmatiiviin säilönnän muuttuvat kustannukset ovat alhaisemmat. Märkänä vuonna viljan liiallinen kosteus saattaa olla este ilmatiiviille säilönnälle. Jyvässäilönnän kiinteät kustannukset ovat alhaisimmat, mutta propionihappo nostaa kokonaiskustannuksia. Maatilalla saattaa olla mahdollista toteuttaa jyvä- tai murskesäilöntä pienin investoinnein, mikäli varastona voidaan hyödyntää olemassa olevia rakennuksia. Tätä mahdollisuutta ei ole näissä laskelmissa käytetty.

Murskesäilönnän etuna on, ettei viljaa tarvitse jauhaa tai litistää varastoinnin jälkeen, toisin kuin jyvä- tai ilmatiiviissä säilönnässä. Lisäksi viljan korjuu voidaan aloittaa hyvissä ajoin, koska viljan kosteuden on oltava 35 - 45 %. Laakasiiloihin investointi nostaa menetelmän kustannuksia, mutta siitä huolimatta se on kilpailukykyinen lämminilmakuivaukseen verrattuna. Tuoresäilöntämenetelmien alhainen ajallisuuskustannus johtuu järkevästä tuoresäilöntäketjuista ja aikaisemmasta sadonkorjuusta. Tuoresäilöntä ei kuitenkaan sovi leipä- ja siemenviljan tuotantoon, eikä kauppaan menevän rehuviljan käsitteilyyn.

## 8 Johtopäätökset

### 8.1 Viljatilojen tulevaisuuden toimintamallit

#### 8.1.1 Työvoima ja kannattavuus

Ammattitaitoisen työvoiman määrä vähenee maaseudulla ja samanaikaisesti maatalouden työtehtävät tulevat yhä vaativimmiksi tilakoon kasvaessa ja tuotannon teknistyessä. Tämä tarkoittaa sitä, että pätevän työvoiman saanti viljatilojen työhuippujen ajaksi tulee vaikeutumaan tulevaisuudessa. Toisaalta viljantuotannon heikko kannattavuus on monilla tiloilla esteenä ulkopuolisen työvoiman palkkaamisen.

Tehokkaamman teknologian ja automatiikan käyttöönotto on yksi ratkaisu työvoimapulaan. Suurempien perävaunujen hankinta tai viljankuivaamon automatisointi ovat esimerkkejä tästä. Vaikka tuotannon kiinteät kustannukset näin nousevatkin, on tämä kuitenkin usein edullisempi vaihtoehto kuin lisätyövoiman palkkaaminen. Toisaalta paraskaan automaatio ei pysty aina korvaamaan hyvää työntekijää.

Viljantuotannon pääomakustannukset ovat korkeat. Kaikkea ei kuitenkaan tarvitse omistaa itse. Tilojen verkottuminen tarjoaa usein hyvät mahdollisuudet kiinteiden kustannusten jakamiseen. Edellisellä simulointimallilla tehdyt simuloinnit osoittivat, että urakojan käyttö puinnissa on edullista yllättävän isollakin tilalla (Haapala ym. 2001). Tämän tutkimuksen simulointien mukaan kolmen tilan yhteistyö puinnissa ja kuivauksessa toi huomattavia kustannussäästöjä varsinkin pienimmille tiloille, vaikka kuljetukset tilojen välillä lisääntyivät. Verkottumisen avulla osakkaat pääsevät hyötymään uusista teknologioista ja he voivat tarjota ammattitaitoaan koko verkon käyttöön. Pienet tilat hyötyvät eniten kiinteiden kustannusten alenemisesta ja suuret tilat mahdollisuudesta saada ammattitaitoista kausityövoimaa.

#### 8.1.2 Leikkuupuinti

Tässä tutkimuksessa ei ole puututtu leikkuupuinnin kehittämiseen, vaan on keskitetty viljan jatkokäsittelyn ongelmiin. Leikkuupuinti ei useinkaan ole viljankorjuun pullonkaula, mikäli puimurin kapasiteetti on likimain oikein mitoitettu tilan puitavaan pinta-alaan nähden, eivätkä sääolot ole erityisen hankalat. Puintikapasiteettia voidaan nopeasti ostaa, myydä tai vuokrata, mutta toisin on viljan jatkokäsittelyn laita.

Koska urakointipuimurin käyttö on laskelmien mukaan kannattavaa vielä yli 100 ha:n viljapinta-alalla, urakointipalvelujen käytön soisi lisääntyvän viljan-

korjuussa. Puimurin yhteisomistus on toinen tapa pienentää kiinteitä kustannuksia, mikäli huoltovastuu saadaan sovittua omistajien kesken.

Elektroniikan ja hydrauliiikan käyttö tulee varmasti lisääntymään leikkupuimurin hallinnassa. Muutoin tulevaisuus näyttää siltä, ettei puinnin teknologiaan ole tulossa suuria mullistuksia lähiaikoina. Perinteinen kohlinpuimuri on nykyään hyvin kilpailukykyinen niihin innovaatioihin nähden, joita on käsitelty lyhyesti tämän raportin luvussa 4. Puimureiden painon ja hinnan lisääntyminen on kuitenkin huolestuttavaa.

### **8.1.3 Tilan sisäinen viljan kuljetus**

Tämän tutkimusten tulosten mukaan viljan kuljetus pellolta varastointipaikalle ei näyttäisi olevan kovin suuri logistinen ongelma. Korjuu- ja varastointikustannukset eivät simulointien mukaan nousseet merkittävästi, vaikka joidenkin puuntilohkojen etäisyyttä varastointipaikasta kasvatettiin aina 40 kilometriin asti. Nykyisiin maatalousperävaunuihin mahtuu parhaimmillaan 2-3 hehtaarin viljat. Lannan- tai säilörehun ajossa joudutaan siirtämään selvästi useampia kuormia hehtaaria kohti, joten niissä kuljetuksesta tulee viljankorjuuta helpommin pullonkaula.

Maataloustraktorit kulkevat 40 km/h tai liikennetraktorina jopa 50 km/h. Tiestö voi tietysti olla paikoittain niin heikkokuntoista tai mäkiä, että keskimääräinen ajonopeus jää huomattavan alhaiseksi. Tällöin kannattaa kunnostaa heikoimpia tieosuuksia, jos se on kohtuullisin kustannuksin mahdollista. Perävaunujen riittävän koon lisäksi tärkeää on myös niiden lukumäärä. Useamman pienemmän perävaunun kuljetusketju voi olla monesti joustavampi kuin parin ison perävaunun järjestelmä. Perävaunut ovat melko edullista välivarastotilaa ennen viljan varastokuntoon saattamista.

Kun leikkupuimureiden tehokkuus kasvaa ja lohkoja otetaan käyttöön yhä kauempaa varastointipaikasta, joudutaan viljankuljetuksen logistiikkaa tehostamaan. Vaihtolavajärjestelmä on yksi ratkaisu, jossa tarvitaan vain yksi perävaununrunko akseleineen ja pyörineen. Tällöin esimerkiksi pyörävarustukseen voidaan satsata normaalia enemmän. Valitettavasti vaihtolavajärjestelmät ovat melko kalliita, joten useimmille perinteisten perävaunujen käyttö tulee halvemmaksi. Vaihtolavajärjestelmälle pitäisi olla paljon muutakin käyttöä kuin viljanajo, jotta se olisi taloudellisesti mielekäs.

Jos käytetään erittäin raskaita perävaunuja tai jopa kuorma-autoa viljan kuljetukseen, niitä ei voida ajaa pellolle maan tiivistymisriskin ja kiinnijäämisvaaran takia. Tällöin voidaan tarvita leikkupuimurin ja tiekuljetusvälineen välille erillinen, esimerkiksi ruuvilla nopeasti tyhjennettävä siirtovaunu. Näitä käytetään Pohjois-Amerikassa melko yleisesti, koska siirrettävät viljamassat ovat suuria.





Kuva 33. Monella tilalla viljan kuljetusta voitaisiin tehostaa. On kuitenkin mieltävä, kannattaako perävaunuja suurentaa niin paljon, että niitä ei voi enää ajaa kostealle pellolle. (Kuva: Timo Lötjönen)

Perävaunuihin voidaan asentaa kylmäilmapuhaltimia, jolloin niissä voidaan välivarastoida viljaa hyvinkin pitkiä aikoja ilman, että vilja alkaisi pilaantua. Näin saadaan aikaan edullinen ja helposti täytettävä ja tyhjennettävä puskurikuivuri. Keski-Euroopassa näissä vaunukuivureissa käytetään myös lisälämpöä, jolloin vilja voidaan kuivata loppuun saakka perävaunussa.

Viljan kuljetuksen tehostamiseen on siis mahdollisuuksia, mutta tämän tutkimuksen mukaan viljan kuljetus ei ole yleensä pullonkaula, mikäli perävaunuja on tarpeeksi, niiden koko on riittävä ja tiestö on hyvässä kunnossa. Tiestön kunnostaminen voi jossain tilanteissa olla niin kallista, että logistiikkaa kannattaa enemmän tehostaa muilla keinoin.

#### **8.1.4 Viljan varastointi**

Tilalla olemassa oleva viljan käsittelyketju ja se, että myydäänkö vilja tilalta vaiko käytetään itse rehuna, määräävät pitkälti viljan varastoinnin kehittämismahdollisuudet. Viljan varastoinnissa on usein enemmän vaihtoehtoja ja säästämismahdollisuuksia kuin puinnissa ja kuljetuksessa. Olemassa olevaa,

hyvin toimivaa ja kapasiteetiltaan riittävää systeemiä ei yleensä kannata lähteä muuksi muuttamaan. Valinnan paikka tulee silloin, kun nykyisen varastointimenetelmän kapasiteetti ei enää riitä laajentuvalla tuotannolle. Laajentaako nykyistä systeemiä, ottaako joku halvempi menetelmä täydentämään nykyistä vai vaihtaako kokonaan viljan varastointimenetelmää?

Tämänkin tutkimuksen mukaan viljan säilöntä tuoreena on yleensä kuivausta edullisempaa, mikäli viljan kosteus ei ole este sen jatkokäytölle. Ainakin naudat ja siat voivat hyvin syödä kuivaamatonta viljaa. Tuoresäilöttävän viljan puinti päästään aloittamaan aiemmin kuin kuivattavan viljan puinti, mikä saattaa lisätä korjuuketjun kapasiteettia ratkaisevasti. Ruokintalaitteissa on ollut jonkin verran toimintahäiriöitä talvella kosteaa viljaa käytettäessä, mutta ketjun osien oikealla valinnalla ne voidaan välttää (Palva & Siljander-Rasi 2003). Ruokintalaittevalmistajien toivoisi huomioivan laitekehittelyssään nykyistä paremmin myös kostean viljan.

Tuoreen viljan varastointi- ja ruokintaketjuja ei monestikaan ole mahdollista saada toimimaan yhtä automaattisesti kuin viljan kuivausta ja kuivan viljan syöttöä eläimille. Esimerkiksi murskesäilötyn viljan säilöminen laakasiilon vaatii enemmän työvoimaa kuin pitkälle automatisoidun lämminilmakuivurin käyttö. Tämä täytyy muistaa säilöntämenetelmää valittaessa. Toisaalta karjatiljoilla on yleensä enemmän työvoimaa käytettävissä kuin viljatiljoilla.

Valtaosa viljasta joudutaan kuivaamaan edelleen, koska kaupat eivät ota tuoresäilöttyä viljaa vastaan. Rehuviljan ostajien ja myyjien kannattaisi verkottua esimerkiksi internetin välityksellä, jotta rehuviljaa ei kuivattaisi turhan takia. Toki tuoresäilötyn viljan kauppa ei ole ongelmatonta, esimerkiksi varastosta otettu tuore vilja ei säily pilaantumatta kovin montaa päivää.

Koska viljan kuivausta tarvitaan tulevaisuudessakin, on kuivauksen säästömahdollisuuksia pohdittava. Suurin osa lämminilmakuivauksen kustannuksista on kiinteitä, siis kuivurirakennuksesta ja –koneistosta johtuvia, joten uutta kuivaamo hankittaessa säästöjä kannattaa etsiä näistä. Luvun 5.6 mukaan kuivaamon katosta ja seinistä luopumalla ja tinkimällä varastosiilojen määrästä voidaan säästää jopa 35 % kuivaamon hankintahinnasta. Tällaisessa ratkaisussa kuitenkin käyttömukavuus kärsii, joten se ei sovellu kaikille viljelijöille.

Lämminilmakuivauksen energiankulutusta voidaan pienentää ja kapasiteettia lisätä jonkin verran nostamalla kuivausilman lämpöä. Säästö vaikuttaa kuitenkin sen verran pieneltä, jotta muutos kannattaa usein tehdä vasta, kun kuivuriuuni tai koko kuivaamo vaihdetaan uuteen.

Tämän tutkimuksen mukaan lähitilojen yhteisesti omistama leikkuupuimuri ja kuivuri, toisin sanoen verkottuminen, tuo merkittäviä säästöjä viljankorjuuseen ja varastointiin. Vaikka viljakuormien siirtäminen tietä pitkin lisää-

tyykin, kustannukset tulevat takaisin kiinteiden kustannusten jakaantuessa laajemmalle pinta-alalle. Kaikkea ei enää tarvitse tehdä yksin, vaan verkostolla on joustavasti käytössään ammattitaitoista työvoimaa. Samalla saadaan suurempia viljaeria myyntiin, jolloin voidaan säästää rahtikuluissa.

Keskitettyssä kuivauksessa viljankuivauksen tekee siihen erikoistunut yritys. Tällöin viljan kuivauksen ja usein myös markkinoinnin taloudellinen riski on kuivausyrittäjällä ja viljelijä saa viljastaan vastaavasti alemman hinnan. Toimivia esimerkkejä keskitetystä kuivauksesta on Suomessa alueilla, joilla on paljon lähekkäin suhteellisen pieniä rehuviljan viljelijöitä. Oleellista on, etteivät viljan kuljetusmatkat kuivaamolle ole liian pitkiä, joten koko maan ratkaisu ei tämäkään toimintamalli ole.

## 8.2 Mallintaminen tutkimusmenetelmänä

Malli on epätäydellinen ja yksinkertaistettu kuva reaali maailmasta. Mallintaminen sopii hyvin tilanteisiin, joissa todellisen koejärjestelyn laatiminen olisi mutkikasta ja kallista. Esimerkiksi vertailukelpoisten, todellisten viljankorjuu- ja varastointiketjujen laatiminen yhdelle maatilalle ei olisi käytännössä mahdollistakaan. Mallinnusmenetelmän käyttö tosin edellyttää, että luotettavia lähtötietoja on riittävästi saatavilla. Monet reaali maailman ilmiöt ovat edelleen liian vähän tutkittuja, jotta niistä voisi laatia tarpeeksi luotettavan mallin.

Tutkimuksen tavoitteet pitäisi olla tarkasti tiedossa, ennen kuin mallia aletaan rakentamaan. Tavoitteista määräytyy mm. se mitä prosessin virtoja aletaan mallittaa, mitkä kohdat on syytä rakentaa mahdollisimman tarkasti ja missä voidaan mahdollisesti tyytyä hieman vähempään tarkkuustasoon.

Myös mallin rajaaminen on oleellista. Kannattaa rakentaa malli niin, että se kuvaa keskeisimpiä prosesseja mahdollisimman realistisesti ja yhdenmukaisella tarkkuustasolla. Ytimen reunoilla ja ulkopuolella olevien prosessien kuvaus voidaan tehdä kevyemmin tai niitä voidaan jättää kokonaan mallin ulkopuolelle. Tämä edellyttää sitä, että ollaan varmoja kyseisten prosessien vähäisestä vaikutuksesta lopputulokseen. Näin resursseja säästyy oleellisten kysymysten ratkomiseen. Tässä mallissa esimerkiksi peltojen perusmuokkaus jätettiin kokonaan mallin ulkopuolelle ja kylvöstä mallitettiin vain eri viljalajien/lajikkeiden kylvöpäivät.

Mallinnusta tekevien henkilöiden pitää hallita mallinnettavat prosessit myös käytännössä, ettei mallin olennaisia kohtia yksinkertaisteta liikaa. Pelkkä kirjallisuuden tietojen yhteen kokoaminen voi johtaa pahastikin harhaan, mikäli puuttuu tietämys ilmiöiden toiminnasta reaali maailmassa. Mallinnukseen tulisi aina osallistua useamman henkilön tutkimusryhmän, jotta mallin-

tajan henkilökohtaiset ominaisuudet ja näkemykset eivät ohjaa liikaa mallin rakentumista. Erityisen tärkeää tämä on validointivaiheessa.

Matemaattista mallinnusta on tehty paljon taulukkolaskinohjelmilla. Siinä on yleensä yhdellä silmäyksellä nähtävissä lukuisa joukko lähtötietojen ja tulosten arvoja. Myös tulosten graafinen esittäminen on helppoa. Sen sijaan eri tekijöiden välisten riippuvuussuhteiden selvittäminen on työläämpää, koska ne on piilotettu laskentasolujen sisään kaavoiksi ja ovat nähtävissä vain yksi kerrallaan. Taulukkolaskimella saadaan helposti aikaan staattinen malli, jossa lähtö- ja lopputietojen suhteet ovat kiinteät, ts. laskenta tapahtuu vain kerran. Dynaamisen mallin luominen taulukkolaskimella on vaikeampaa. Taulukkolaskinmalli sopii hyvin mm. taloudellisten mallien laadintaan, joissa käytetään paljon keskiarvolukuja ja vakioita, eikä satunnaisilla tapahtumilla ole niin suurta merkitystä.

Varsinaisissa mallinnusohjelmissa mallinnettava prosessi ja siinä olevat riippuvuussuhteet kuvataan usein graafisilla symboleilla. Tällöin prosessin toiminnasta saa nopeasti kokonaiskäsityksen. Malli on yleensä helppo tehdä dynaamiseksi, koska aika on mallinnusohjelman perusmuuttuja. Mallinnuksen aikajänne ja laskentataajuus voidaan melko vapaasti valita (esimerkiksi kesto 1 vuosi, laskenta kerran minuutissa). Tällöin edellisen laskentakierroksen tulokset vaikuttavat seuraavan kierroksen tuloksiin ja satunnaiset tapahtumat pystytään ottamaan paremmin huomioon kuin staattisessa mallissa.

Dynaamisen mallin lähtötietoina voidaan käyttää esimerkiksi todellista sää-aineistoa tai todellista karttojen mukaista tilusrakennetta. Samoin voidaan tutkia, mitä systeemin toimintaan vaikuttaa tietynä aikana sattunut konerikko tai tapaturma. Tuloksena saadaan yksittäisten loppuarvojen lisäksi tietoa muuttujien hetkittäisistä arvoista. Näin esimerkiksi systeemin pullonkaulapaikkojen selvittäminen on mahdollista.

Dynaamisella mallilla on myös joitakin haittapuolia staattiseen malliin verrattuna. Mallintajan on opeteltava uudenlainen kieli, vaikkakin mallinnusohjelmistojen graafiset käyttöliittymät ovatkin melko helppoja käyttää. Dynaaminen malli on yleensä hitaampi rakentaa kuin taulukkolaskinmalli, koska muuttujien väliset suhteet täytyy aikamuuttujan vuoksi määritellä tarkemmin. Dynaamisesta mallista voi tulla myös hankala modifioitava, mikäli muunnos- tarpeita ei pidetä riittävästi mielessä mallin rakennusvaiheessa.

Vaikka dynaamisella mallilla voidaankin matkia todellisuutta melko tarkasti, niin on selvää, että todellisuudessa tapahtuu merkittäviä asioita, joita ei pystytä mallinnuksella ennakoimaan. Toisaalta mallin yleistettävyyden kannalta voi olla hyväkin, ettei siinä voida ottaa huomioon kaikkia erityistilanteita. Viljankorjuu- ja varastointimallin dynaamisuuden avulla nähtiin mm. se, että sadonkorjuuajan säällä on merkittävä vaikutus kustannuksiin, mutta toisaalta

epäedullisen tilusrakenteen vaikutus näyttäisi olevan pienempi kuin aiemmin on arvioitu. Näitä asioita on staattisella mallilla melko vaikea tutkia.

Eräs mallinnuksen merkittävä hyöty on, että se paljastaa asioita, jotka kaipaivat lisätutkimuksia. Mallinnuksen aikana systeemin kaikki osat ja niihin vaikuttavat tekijät on näet käytävä tarkasti läpi. Viljankorjuu- ja varastointimallin rakentamisen aikana selvisi esimerkiksi se, ettei puimurin kapasiteettia ole tutkittu riittävästi kosteaa viljaa puitaessa. Mallintaminen on tutkimusmenetelmä, jonka avulla tutkittavasta ilmiöstä saadaan helposti kokonaiskäsitys. Mallintaminen ei silti koskaan voine kokonaan korvata käytännön kokeita, vaan nämä eri tutkimusmenetelmät on nähtävä toisiaan täydentävinä.

## 8.3 Ensisijaiset kehittämiskohteet

### 8.3.1 Leikkuupuimurin ongelmallinen paino ja hinta

Koneiden myyntitilastot kertovat, että leikkuupuimureiden kokoluokitusta on aina aika ajoin muutettava ylöspäin. Pienin luokka häviää ja suurimman luokan sijaan on luotava uusi, vielä suurempi luokka. Sama kehitys koskee lähes kaikkia peltotyökoneita. Keskikokoinen puimuri painaa säiliö täynnä viljaa 8 000 – 9 000 kg ja suuri puimuri 13 000 – 16 000 kg. Liikuttaessa märällä savimaalla ei pitäisi ylittää 5 000 kilon akselipainoa. Keskikokoiset puimurit ovat aivan ylärajan tuntumassa ja suuret puimurit ylittävät rajan selvästi.



Kuva 34. Aina puintisäät eivät ole näin kuivat, jolloin uhkana on maan tiivistyminen. (Kuva: Pasi Suomi)

Samaan aikaan maaperätieteilijät yrittävät kertoa, kuinka maan kasvukunto heikkenee tiivistymisen ja yksipuolisen viljelyn seurauksena. Tiivistynyt maa ei läpäise vettä, eikä se toisaalta pysty pidättämään vettä kuivan kauden varalta. Kasvien juuret eivät pysty kasvamaan kivikovassa maassa. Renkaita suurentamalla estetään näkyvien pyöränurien muodostuminen, mutta ne eivät estä maan pinnan alla tapahtuvaa jankon tiivistymistä.

Leikkuupuimuri ja kuivuri ovat viljatilan kalleimmat investoinnit. Investoinnit joudutaan nykyään tekemään luottaen siihen, että viljantuotannon tukitaso ei oleellisesti laske. Vain hyvin harvat tilat pystyvät hyvänäkään vuonna kattamaan edes muuttuvat kustannukset viljan myyntituloilla, joten puimuri kuin kuivurikin on maksettava kokonaan tukirahoilla. Samasta summasta pitäisi riittää rahaa myös omaan palkkaan, koska työ luetaan kiinteäksi kustannukseksi. Viljelijä joutuu ottamaan investointeja tehdessään suuria riskejä, koska tuet ovat poliittisia päätöksiä ja päätökset ovat voimassa enintään 4 – 5 vuotta. Tuo aika ei riitä investointien kuolettamiseen. Jos taloudessa tapahtuu selkeä käänös huonompaan suuntaan, leikkuupuimurin voi vielä myydä, mutta kuivurin myyminen onkin jo vaikeampaa.

Kun lähtötietoja haettiin puinnin mallinnukseen, havaittiin että leikkuupuimureiden puintitehoa ja -tappioita ei ole juurikaan tutkittu märeillä viljoilla (kosteus > 25 %). Tätä tietoa tarvittaisiin, jos tuoresäilöntämenetelmät ja tuoreen viljan puinti yleistyvät.

Tässä raportissa viitataan McLeod-sadonkorjuujärjestelmään, jossa tähkät korjataan pois pellolta halvalla, traktorin vetämällä korjuukoneella. Puimaton ja puhdistamaton massa kuljetetaan talouskeskukseen, jossa se puidaan sähkömoottorin käyttämällä puimakoneella. McLeod-järjestelmä edustaa uutta ajattelua, joka tarjoaisi mahdollisuuden vähentää tiivistymisriskiä ja alentaa kustannuksia. Järjestelmän toimivuutta ja kustannuksia skandinaavisissa oloissa ei ole kuitenkaan tutkittu.

### **8.3.2 Viljan hinnan ja laatuvaatimusten ristiriita**

Ehdotukset viljan korjuukustannusten alentamisesta ja toisaalta vaatimukset viljan laadun ylläpitämisestä – jopa nostamisesta ovat ristiriidassa. Kun viljaa on käsiteltävä entistä suurempina erinä, laadultaan erilaisia eriä ei enää voida pitää samalla tavoin erillään kuin ennen. Käsittely ja varastointi pieninä erinä on kiistatta kalliimpaa kuin suurina. Ajallisuuskustannus on alentunut ja siksi on taloudellisesti järkevää lisätä kapasiteetin käyttöastetta. Korjuukausi pitelee, jolloin viimeiset erät ovat entistä kauemmin sään armoilla. Rehuviljaa viljelevien kannattaa vakavasti harkita tuoresäilöntävaihtoehtoja kuivauksen sijaan. On siis yhä vaikeampaa taloudellisesti perustella kalliita käsittelytapoja sillä, että jos vilja kuitenkin kelpaisi leipäviljaksi tai mallasohraksi. Viljan

alhainen hinta houkuttelee myös käyttämään viljaa energian tuotantoon, jos siten saa viljasta paremman korvauksen kuin toimittamalla sen kauppiaan.

Vaikka monet asiat uhkaavat viljan laatua, on toisaalta tunnustettava, että hyvä laatu on myös viljelijän etu. Ei ole mitään järkeä tuottaa viljaa, jota ei kukaan halua ostaa. Huono laatu voi johtaa siihen, että viljan käyttäjien kiinnostus ostaa kotimaista viljaa hiipuu. Voiko ongelmaan olla muuta ratkaisua, kuin entistäkin jyrkempi laadun hintaporrastus?

### **8.3.3 Erikoisalana rehuviljan tuotanto**

Rehuviljan viljelyllä ei ole samaa statusarvoa kuin leipäviljan tai mallasohran viljelyllä. Viljanviljelijät valitsevat lajikkeet ja viljelymenetelmät yleensä siten, että tähtäimenä on rehuviljaa arvostetumpi ja myös jonkin verran arvokkaampi lopputuote. Jos tavoitteeseen ei päästä, vilja myydään rehuksi. Koska rehuviljan tuotannossa onnistumista mitataan osin eri kriteereillä kuin leipäviljan tai mallasohran tuotannossa, rehun tehokas ja taloudellinen tuottaminen on jäänyt taka-alalle. Jos vilja säilöittäisiin esimerkiksi murskesäilöntämenetelmää käyttäen, voitaisiin käyttää satoisimpia, myöhäisiä lajikkeita, koska vilja pitää puida kosteana. Puintiin voisi käyttää erinomaisesti tehokasta vuokrapuimuria, koska säilönnän vastaanottokapasiteetti on helppo saada vastaamaan korjuukapasiteettia. Myös ruokintaketju on mahdollista rakentaa automaattiseksi nykyisellä tekniikalla, kun käytetään jyväsäilöttyä tai ilmatii- viisti säilöttyä viljaa. Murskesäilötty vilja soveltuu puolestaan hyvin aperuokintaan.

Jotta rehuviljan tuoresäilöntämenetelmät voisivat yleistyä, viljan varastointiin tarvittavien siilojen rakentamiseen ja murskemyllyjen hankintaan pitäisi myöntää vastaavia investointitukia kuin on myönnetty kuivureiden rakentamiseen. Tuki pitäisi mahdollisesti ulottaa jopa liemiruokintalaitteisiin tai apevaunuihin, koska säilöntätavan muutos vaikuttaa myös ruokintamenetelmään. Tukia pitäisi myöntää myös viljajaloille, jotka myyvät tuottamansa viljan rehuksi karjajaloille. Investointitukien myöntäminen pelkästään lämmilmakuivureiden rakentamiseen pitää yllä käsitystä, että vain kuivaaminen olisi hyväksyttävä ja kannatettava viljan säilöntätapa.

On ehkä aikaista olla huolissaan toimivista tuoreen viljan markkinoista. Koska ei ole tarjontaa, ei ole kysyntääkään. Jos ja kun markkinat aikanaan syntyvät, ostaja ja myyjä kohdannevat toisensa ilman mainittavampaa organisaatiota, koska tuoreviljan tuottajan ja käyttäjän on sijaittava lähellä toisiaan. Säilöstä otettu vilja ei nimittäin säily pitkään hyvälaatuisena. Kevyt organisaatio ja lyhyet kuljetukset ovat kuitenkin kaikkien etu. Markkinoiden rakentamisen sijaan pitäisikin kehittää rehuviljan tuotannon sopimustoimintaa.

### 8.3.4 Aktiivinen kustannusseuranta - joutokäynti pois

Vielä jokin vuosi sitten oli selvästi nähtävissä, miten suomalainen ja ruotsalainen kustannustietoisuus eroavat toisistaan. Suomessa Käytännön Maamieslehti järjesti viljelykilpailuja, joissa ratkaisi vain sadon määrä. Ruotsissa Lantmannen lehdessä oli itsestään selvää suhteuttaa sadon määrä tuotantokustannuksiin. Onneksi ruotsalainen ajattelu on nyt rantautunut myös Suomeen. Voittajalta edellytetään hyvää kustannustietoisuutta, kykyä huolehtia maan kasvukunnosta ja viljelytekniikkakin pitää hallita.

Ruotsalaiset osaavat esittää myös täsmällisesti lukuina, kuinka paljon tuotantoon voi olla sidottu pääomaa (kruunua/ha) ja kuinka paljon voidaan tehdä työtä, että vehnäkilon tuottaminen olisi taloudellisesti kannattavaa. Vaikka laskelma olisi teoreettinenkin, se toimii kuitenkin mittapuuna, johon viljelijä voisi suhteuttaa omat investointinsa. Kirjanpito-tila-aineistoa pitäisi hyödyntää siten, että sieltä poimitaan tilat, jotka pystyvät tuottamaan viljaa selvästi alle keskimääräisten kustannusten. Näitä tiloja tutkimalla on varmasti löydettävissä yhteisiä tekijöitä, jotka voivat toimia esimerkkinä muille.

Suomalaista maataloutta moitittiin takavuosina yli-investoinnista ja tutkimuksissa todettiin koneiden käyttömäärät alhaisiksi. Nyt olisi sopiva aika selvittää, onko viljan hinnan lasku ja ajallisuuskustannuksen pieneneminen realisoitunut parempana kapasiteetin käyttöasteena. Tilakoon kasvun pitäisi vaikuttaa samaan suuntaan kuin ajallisuuskustannuksen aleneminekin. Onko löysät jo karsittu pois ja voidaanko puheet joutokäynnistä lopettaa?



## 9 Kirjallisuus

- Aaltonen, J., Järvenpää, M., Klemola, E. & Laurila, I. P. 1999. Viljan korjuu-, kuivaus- ja logistiikka kustannukset Suomessa. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Selvityksiä 2/1999. Helsinki: MTTL. 22 s.
- Ahokas, J & Koivisto, K. 1983. Energiansäästö viljankuivauksessa. Vakolan tutkimusselostus 31. Vihti: Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. 89 s. ISSN 0506-3841.
- Ala-Mantila, E., Riepponen, L. 1998. Maatalouden tuotantokustannukset Suomessa. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tutkimuksia 222. Helsinki. 120 s.
- Antti-Teollisuus Oy 2001. Kirjallinen tiedonanto 27.07.2001.
- Bure, J. 1988. The characteristics of grain dust and the prevention of grain dust explosions in silos. In: Multon, J., L. (ed.), Reimbert, A., M., Marsh, D. and Eyd, A. J. Paris. Preservation and storage of grains, seeds and their by-products : cereals, oilseeds, pulses and animal feed. pp. 843-880. ISBN 2-85206-436-7
- Classon, K. 1983. En bok om samverkan. Examensarbete 67. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för ekonomi och statistik. 36 s.
- Ekström, N., Thyselius, L., Johnsson, S., & Thomke, S. 1973. Syrabehandling av spannmål. Jordbrukstekniska institutet, meddelande 352. 88 s. ISBN 91-7072-013-4.
- Ekström, N. 1992. Lufttät lagring av fuktig foder spannmål. Jordbrukstekniska institutet, meddelande 435. Uppsala: Jordbrukstekniska institutet. 51 s.
- Gustafsson, L., Lanshammar, H. & Sandblad, B. 1982. En introduktion till systemanalysen. Lund : Studentlitteratur. 275 s. ISBN 91-44-18557-0
- Ghaly, T. F. & Taylor, P. A. 1982. Quality effects of heat treatment of two wheat varieties. Journal of agricultural engineering research 27: 227-234.
- Haapala, H. 2000. Systeemianalyysi ja simulointi elintarvikeketjujen analysoinnissa. In: Marttila Juha, Ahlstedt Jaana (toim.) Maataloustieteen päivät 2000: talous ja teknologia. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Julkaisuja 94: 121-132.
- Haapala, H., Lötjönen, T., Mikkola, H., Aho, J., Sarin, H., Kivinen, T., Alakomi, T. 2001. Viljasadon korjuu ja varastointi. Vakolan tutkimusselostus 78. Vihti: MTT. 63 s.

- Helander, J. 2001. Kirjallinen tiedonanto. Maaseutukeskusten Liiton kehityspäällikkö (nyk. asemapaikka Lähivakuutus-yhtiö).
- Holkko, E. 2002. Teollisuuskuivurihanke Etelä-Pohjanmaalle. Opinnäytetyö. Ilmajoen maatalousoppilaitos. 49 s.
- Huhtanen, P. 1984. Väkirehun käsittelyn ja ruokintatavan vaikutus rehun hyväksikäyttöön eri eläimillä. Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitoksen tiedote 2. 119 s. ISSN 0780-3044.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E., Heikkilä, T. & Huhtanen, P. 2002. Ohra ja kevätvehnä kokoviljasäilörehuna lypsylehmien ruokinnassa. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote (2002):18, 1 s. (WWW-dokumentti) <http://www.agronet.fi/maataloustieteellinenseura/julkaisut/poste/kr12jaakkola.pdf>, Julkaistu 1.1.2002, luettu 3.3.2003.
- Jonninen, P. 1995. Yrittäjien yhteistyöasenteet ja verkostoituminen. Liiketaloustieteen tutkimuslaitos. Sarja B 118. 55 s.
- Järvenpää, M. 1989. Leikkuupuinnin vaikutus siemenen itävyyteen. Teho 7-8:15-17.
- Järvenpää, M. 1992. Korjuutekniikan vaikutus kevätvehnän itävyyteen. Työtehoseuran julkaisuja 327. Helsinki: TTS. 108 s.
- Järvenpää, M. 1998. Viljan korjuuolosuhteiden kansainvälinen vertailu. Työtehoseura, muistio, 4 s.
- Kallioniemi, M. & Peltola, A. 1988. Viljankuivausopas. Työtehoseuran julkaisuja 299. Helsinki: TTS. 125 s.
- Kemppainen, H. 2002. Kuivauslämpötilan vaikutus viljan itävyyteen. Opinnäytetyö, Laurean ammattikorkeakoulu, Hyvinkää.
- Kirkkari, A.-M., Kallioniemi, M. ja Martikainen, J. 1998. Maatilojen välisen tuotannollisen yhteistoiminnan kehittäminen ja analyysi. Työtehoseuran monisteita 2/1998. Helsinki: TTS. 92 s.
- Klemola, E., Järvenpää, M. & Peltola, A. 1994. Viljansäilöntäopas. Työtehoseuran maataloustiedote 4/1994 (441). Helsinki: TTS. 15 s.
- Klemola, E. & Pirilä, J. 1999. Viljankorjuun kustannukset Suomessa. Työtehoseuran maataloustiedote 8/1999, (512). Helsinki: TTS. 6 s.
- Klemola, E., Karttunen, J., Kaila, E., Laaksonen, K. & Kirkkari, A.-M. 2002. Lohkon koon ja muodon taloudelliset vaikutukset. Työtehoseuran julkaisuja 386. 48 s.
- Koponen, S. 2002. Kirjallinen tiedonanto 23.12.2002. Aluepäällikkö, Suomen Viljava Oy.

- Laaksonen, K. & Pentti, S. 2001. Urakointihinnat ja konetyön kustannukset. Työtehoseuran maataloustiedote 535. 12 s.
- Lindberg, J.E. & Sörensson, I. 1959. Upphettnings- och torkningsförsök med spannmål förträdesvis vete. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift. Suppl. 1. 73 s.
- Lundin, G. 1984. Ny skördetröskteknik. Jordbrukstekniska institutet. Meddelande nr 404. Uppsala: Jordbrukstekniska institutet. 70 s. ISBN 91-7072-065-7. ISSN 0368-3419
- Lämminilmakehittimien ja viljankuivaamoiden paloturvallisuus. Määräys A: 47. Sisäasiainministeriö. 29 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö, Tietopalvelukeskus, TIKE, Maatalouslaskenta 2000. [WWW-dokumentti]. Luettu 27.2.03 <<http://matilda.mmm.fi>>
- Maatalouslaskenta 2000. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2002. Helsinki. 275 s. Saatavissa myös internetissä osoitteessa: <http://matilda.mmm.fi/>.
- Maatilatilastollinen vuosikirja 1997. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, TIKE. 268 s.
- Maatilatilastollinen vuosikirja 2002. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, TIKE. 266 s.
- Maltry, W., Pötke, E. & Schneider, B. 1975. Landwirtschaftliche trocknungstechnik. 2. painos. Berlin: VEB Verlag Technik. 524 p.
- Mäkelä, T. & Laaksonen, K. 1990. Leikkuupuinnin työmenekki. Maatalouden työnormit –Viljanviljelyn työketjut. Työtehoseuran maataloustiedote 10/1990 (386). Helsinki. 6 s. ISSN 0782-6788
- Mäkimattila, M. 1998. Kustannuserot maidon, sianlihan ja viljan tuotannossa. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen selvityksiä 10/98.57-80. Helsinki.
- Myyrä, S. 2001. Tilusrakenteen taloudelliset vaikutukset. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos, Selvityksiä 1/2001. 30 s.
- Myyrä, S. 2002. Tilusrakenteen vaikutus tuotannon järjestämiseen ja kannattavuuteen. MTT Taloustutkimus, Tutkimuksia 253. 35 s.
- Palva, R. & Siljander-Rasi, H. 2003. Kuivaamaton ohra lihasikojen ruokinnassa - toimiva ketju siilosta ruokintaan. Työtehoseuran maataloustiedote 553. Helsinki: TTS. 6 s.

- PAMI 1998. Modeling and comparing whole crop harvesting systems. PAMI Research Update 739. Canada: Prairie agricultural machinery institute. 8 p.
- Peltola, A. 1985. Energiensäästö viljan lämminilmakuivauksessa. Teoksessa: Laitinen, A., Orava, R., Peltola, A., Salasmaa, O. & Ylönen, A.-L. Energiensäästö viljankorjuussa. Työtehoseuran julkaisuja 272. Helsinki: TTS. s. 46-86.
- Peltola, A. 1988. Viljankuivurin mitoittaminen erilaisiin olosuhteisiin. Työtehoseuran maataloustiedote 3/1988, 354. Helsinki: TTS. 6 s.
- Peltola, A. 1989. Viljankuivauksen energiankulutus ja sen vähentämismahdollisuudet. Työtehoseuran maataloustiedote 11/1989, 372. Helsinki: TTS. 5 s.
- Peltola, A. 1997. Viljaa kierrättävän lämminilmakuivurin säädöt. Työtehoseuran julkaisuja 355. Helsinki: TTS. 187 s. ISBN 951-788-251-3, ISSN 0355-0710
- Pokki, J. 1982. Rehuviljan ilmatiivis varastointi. Työtehoseuran julkaisuja 240. 75 s. ISSN 0355-0710. ISBN 951-788-063-4.
- Pro Agria Maaseutukeskusten Liitto 2002. Maatalouskalenteri 2003. Vantaa: Pro Agria Maaseutukeskusten Liitto. 245 s.
- Rance, L. 2001. Combine meets a rival. Farmers weekly 10.-16.08.2001. p. 66.
- Riepponen, L. 2003. Maidon ja viljan tuotantokustannukset Suomen kirjanpilotiloilla vuosina 1998 – 2000. Maa – ja elintarviketalous 19. 32 s.
- Sairanen, M. 1998. Lisäpellon etäisyyden vaikutus viljelyn kustannuksiin ja pellon hankintahintaan. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos, Selvityksiä 2/198. 39 s.
- Sariola, J., Tuunanen, L., Eskelinen, T., Louhelainen, K. & Ripatti, T. 1992. Viljankuivauksen pölyhaitat. Dust problems in grain drying. VAKOLAn tutkimuslaskelma nro 61. Vihti: Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. 78 s. ISSN 0782-0054
- SFS 3860. 1988. Työpaikan ilman pölypitoisuuden mittaaminen suodatinmenetelmällä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 8 s.
- SFS-EN 563. 1994. Koneturvallisuus. Kosketettavissa olevien pintojen lämpötilat. Ergonomiset perusteet kuumien pintojen lämpötilan raja-arvojen määrittämiseksi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 30 s.
- Suomala, E. 1985. Kosteuden poistuminen viljasta kuivauksen aikana. Työtehoseuran maataloustiedote 11/1985, (329). Helsinki: TTS. 6 s.

- Suomala, E. 1987 a. Kuivausilman lämpötilan ja kuivurin sisäisten kuumien metallipintojen vaikutus ohran elinvoimaan viljaa kierrättävässä sekavirtaustyyppisessä kuivurissa. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos. Pro gradu tutkielma.
- Suomala, E. 1987 b. Kuivausilmako kuumemmaksi? Teho 1:16-18.
- Työtehoseura 1988. Maatalouden työnormit. Työtehoseuran maatalous- ja rakennusosaston monisteita 2/1988. 157 s.
- Vesalainen, J. 1997. Yhteistyön mahdollisuudet - seminaari ruusun- ja kurkunviljelijöille. Pk-yritysten yhteistyömallit. Nurmijärvi 11.9. 1997.
- Viljatase 2000/01. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Viljan tuotanto ja kulutus Suomessa satovuonna 2000/01. Verkojulkaisu. Saatavilla osoitteessa <http://tike.mmm.fi/Tilasto/viljatase2000-01.htm>

# 10 Liitteet

Liite 1.

Muuttujaluettelo Viljan korjuu -ja varastointimalliin

25.9.2001

Lihavoituja arvoja käytettiin simuloinneissa.

Hinnat ilman ALV:tä.

Säädettävä muuttuja	Suosittelut säästöalue	Yksikkö	Lähde:
---------------------	------------------------	---------	--------

**Sato**

<b>Alue</b>	<b>Varsinais-Suomi</b> Etelä-Pohjanmaa Keski-Suomi
-------------	--

<b>Kasvukausi</b>	Nopea <b>Normaali</b> Hidas	MTT:n viralliset lajikekoheet
-------------------	-----------------------------------	-------------------------------

<b>Aikaisuus</b> (viljalajikkeeseen)	Aikainen <b>Keskimääräinen</b> Myöhäinen	MTT:n viralliset lajikekoheet Pellervon iso kalenteri
---	--	--

<b>Kylvöaika</b> (aloituspäivä)	Ruis => elokuun pvm. S. vehnä => syyskuun pvm. K. viljat => toukokuun pvm.	<b>Keskimääräiset</b>
------------------------------------	--	-----------------------

<b>Kosteus</b> (puintihetkellä)	18 - 24 - 30 tai esim. siniaalto	%	Voidaan määrittää viljalajeittain
------------------------------------	-------------------------------------	---	-----------------------------------

<b>Sato 14 %</b>	TE-keskusten keskisadot	kg/ha	Ohra <b>3440</b> kg/ha Kaura <b>3380</b> kg/ha Kevätvehnä <b>3410</b> kg/ha Syysvehnä <b>3620</b> kg/ha Ruis <b>2760</b> kg/ha
	Lähde: Maatilatilastolliset vuosikirjat		

<b>Sakolukusää</b> (vaikuttaa leipäviljojen sakolukuun)	Kostea <b>Normaali</b> Kuiva	Ylönen 1985 TTS tied. 322
--	------------------------------------	------------------------------

**Puinti**

<b>Puintitunnit</b> (elo-syyskuun aikana)	2 -11 <b>V. 1997 - 98</b>	h/vrk	IL:n ja MTT:n säätilastot
--	------------------------------	-------	---------------------------

<b>Lleveys</b> (puimurin pöydän lev.)	<b>300</b> <b>360</b> <b>480</b>	cm cm cm	Liittyy tilakokoon	70 ha 120 ha 200 ha
--	--	----------------	--------------------	---------------------------

<b>Lako</b> (kerroin, vaikutus puintinopeuteen)	0 % laossa => 1 <b>10 % laossa =&gt; 0.83</b> 50 % laossa => 0.67	Orava 1985, Teho 7-8 Vakolan koetuspuinnit
--	---	---

<b>Ajoaika</b> (puintaika kokonais- pellolla oloajasta)	<b>Tyhjennys paikallaan =&gt; 0.75</b> Tyhjennys vauhdissa => 0.835	Sörensen 1996
---	--	---------------

<b>Ajonopeus</b> (puimurin)	max. 8	km/h
--------------------------------	--------	------

<b>Säiliökoko</b>	300 => 2,8	m3	Koneviestin 1999 ryhmäesittely
	360 => 3,5	m3	
	480 => 5,8	m3	

<b>Kuutiopaino</b> (kosteus 14 %)	Ruis	723	kg/m3	Pellervon
	Kaura	541	kg/m3	iso kalenteri 1998
	Ohra	663	kg/m3	
	Syysvehnä	800	kg/m3	(+/- 10% vaihtelu)
	Kevätvehnä	805	kg/m3	

#### Kuljetus

<b>Kärryt</b>	1 tai 2	kpl	30 ha	<b>10 - 15 m3</b>
			70 ha	<b>10 - 15 m3</b>
<b>Kärrykoko</b>	10 - 15	m3	120 ha	<b>15 - 15 m3</b>
			200 ha	<b>15 - 15 m3</b>
<b>Henkilöt</b>	1-3	kpl		

<b>Traktorit</b>	1 tai 2	kpl
------------------	---------	-----

<b>Maantienopeus</b>	15 - 40	<b>30</b>	km/h
<b>Peltotienopeus</b>	5 - 15	<b>15</b>	km/h

<b>Kaatosuppilo</b>	tilavuus = Kuivurikoko + 5 m3
---------------------	-------------------------------

#### Lämminilmakuivaus

<b>Puskurikuivuri</b>	<b>5 x 10</b>	m3
<b>Puskurikuivuri ON/OFF</b>	<b>Pois/ Päällä</b>	

<b>Lämminkuivaus ON/OFF</b>	<b>Pois/ Päällä</b>
-----------------------------	---------------------

<b>Kuivurikoko?</b>	8	m3	Tilakoon mukaan: 30 ha <b>8 m3</b> 70 ha <b>14 m3</b> 120 ha <b>24 m3</b> 200 ha <b>30 m3</b>
	14	m3	
	18	m3	
	24	m3	
	30	m3	

<b>Kuivausaika</b>	Kuivurikoko, kosteus ja menetelmä määräävät	h	Peltola 1992, TTS tied. 412 Peltola 1988, TTS tied. 354 Jaakko viljankuivaus- opas 1982 MTT/Vakolan kuivurimittaukset
--------------------	---	---	---

<b>LVarastonKoko</b>	Lämminilmakuivauksen käytettävissä olevan varaston <b>kokonaistilavuus</b> . Pakettikuivurit on mitoitettu niin, että niissä on kiinteitä pystysiiloja vain osalle peltoalasta. Esim. P-ala. =>Kuivuri+Varasto+Lisävarasto 30 ha => 8 m3, <b>130 m3, 65 m3</b> 70 ha => 14 m3, <b>209 m3, 246 m3</b> 120 ha => 24 m3, <b>340 m3, 440 m3</b> 200 ha => 30 m3, <b>450 m3, 850 m3</b>
----------------------	--

#### Kylmäilmakuivaus

<b>Kylmäkuivaus ON/OFF</b>	<b>Pois/ Päällä</b>	Täyttönopeutta ei ole mitenkään rajoitettu
----------------------------	---------------------	--

<b>KylmäKkoko</b>	Kuivauslaarien yhteenlaskettu pinta-ala m2 Varastoidaan 1 m paksu kerros.	<b>30 ha =&gt; 135 m2</b> <b>70 ha =&gt; 315 m2</b> <b>120 ha =&gt; 540 m2</b>
Mitoitetaan siten, että laarialaa on 4,5 m2/ha, kun tarve olisi 6,6 m2/ha. Osassa kuivuria kuivataan useita eriä ja tämä vilja säilötään pyöreisiin terässäiloihin.		

<b>KylmäVarasto</b>	Tarvittavan lisävaraston tilavuus (pyöreää terässäiloa)	<b>30 ha =&gt; 65 m3</b> <b>70 ha =&gt; 150 m3</b> <b>120 ha =&gt; 250 m3</b>
---------------------	---	---

#### Tuoresäilöntä (jyväsäilöntä, murskesäilöntä, ilmatiivissäilöntä)

<b>TrS ON/OFF</b>	Syötä tuoresäilöntämenetelmän tyyppi: <b>0</b> = Ei käytössä <b>1</b> = Murskesäilöntä muurahaihapolla laakasiiloon <b>2</b> = Jyväsäilöntä propionihapolla, lattiavarastointi <b>3</b> = Ilmatiivissäilöntä terässäiloon, ilman hapotusta <b>4</b> = Ilmatiivissäilöntä päämenetelmänä, jyväsäilöntä varalla
-------------------	--

<b>TrSTeho</b>	Syötä tuoresäilöntäketjun teho kg/h (kuivaa viljaa). Esim. Murskemylly <b>5000 kg/h</b> KV:n ryhmäesittelyt Ruuvikuljetin jyväsäilönnässä <b>8000 kg/h</b> TTS 441 / 1994 Lietso ilmatiiviin säilön täytössä. <b>8000 kg/h</b>
----------------	---

<b>TrSTilavuus</b>	Syötä tuoresäilöntäsiilojen yhteistilavuus m3. Esim.																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Murske-</th> <th>Jyvä-</th> <th>Ilmatiivissäilöntä</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 ha</td> <td><b>210</b></td> <td><b>210</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70 ha</td> <td><b>490</b></td> <td><b>490</b></td> <td><b>490</b></td> </tr> <tr> <td>120 ha</td> <td><b>840</b></td> <td><b>840</b></td> <td><b>840</b></td> </tr> <tr> <td>200 ha</td> <td></td> <td></td> <td><b>1400</b></td> </tr> </tbody> </table>		Murske-	Jyvä-	Ilmatiivissäilöntä	30 ha	<b>210</b>	<b>210</b>		70 ha	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	120 ha	<b>840</b>	<b>840</b>	<b>840</b>	200 ha			<b>1400</b>
	Murske-	Jyvä-	Ilmatiivissäilöntä																		
30 ha	<b>210</b>	<b>210</b>																			
70 ha	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>																		
120 ha	<b>840</b>	<b>840</b>	<b>840</b>																		
200 ha			<b>1400</b>																		

<b>IlmatTilavuus</b>	Syötä tähän ilmatiiviin siilon tilavuus m3 vain, jos käytät ilmatiiviin ja jyväsäilönnän yhdistelmää (vaihtoehto 4). Syötä TrSTilavuus-pallukkaan koko varastokapasiteetti.
----------------------	--

<b>KaikkiViljat</b>	Syötä tähän 1, jos haluat että myös leipäviljoja voidaan tuoresäilöä, muuten 0. <b>Pois/ Päällä</b>
---------------------	---

<b>Vara ON/OFF</b>	Tämä on eräänlainen "tunkio" johon ohjautuu kaikki varastoihin mahtumaton tai liian kauan kaatosupplissa ollut vilja. Tämän tilavuus on rajoittamaton, eikä ole kustannuksia. <b>Pois/ Päällä</b>
--------------------	--



**Kustannukset** Hinnat ilman ALV.

<b>Viljan hinta</b>	Hinta ilman ALV:tä ja rahtia	snt/kg	Ohra	<b>10,2</b>
	Lähde: Keskusliikkeet 2001		Kaura	<b>10,6</b>
			Kevätvehnä	<b>13,2</b>
			Syysvehnä	<b>13,2</b>
			Ruis	<b>12,9</b>

<b>Rehuleipäviljan hinta</b>	Hinta ilman ALV:tä ja rahtia	snt/kg	Kevätvehnä	<b>12,3</b>
	Lähde: Keskusliikkeet 2001		Syysvehnä	<b>12,3</b>
			Ruis	<b>12,9</b>

<b>Traktorin koko</b>	50 - 120 kW	1. Tr)	30 ha	<b>50 kW</b>	<b>24050 €</b>
			70 ha	<b>60 kW</b>	<b>29430 €</b>
<b>Traktorin jälleenhankintahinta</b>	Koneviestin ryhmäesittelyt		120 ha	<b>90 kW</b>	<b>45410 €</b>
			200 ha	<b>120 kW</b>	<b>61560 €</b>
		2. Tr)	Kaikille	<b>50 kW</b>	<b>24050 €</b>

<b>Traktorin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	<b>18 % / vuosi</b> <b>4 %</b>	=> poistoaika 12 v.	jäännösarvo 10%
		Ala-Orvola et.al. 1998	MTTL 230

<b>Traktorin ikä</b>	1. Tr) <b>5 v</b>	2. Tr) <b>10 v</b>
----------------------	-------------------	--------------------

<b>Oman työn hinta</b>	<b>10,26</b>	€/h	Maatalouskalenteri 2001 (sis. sotu)
------------------------	--------------	-----	-------------------------------------

<b>Traktortyötunnin hinta</b>	<b>8,24</b>	€/h	Maatalouskalenteri 2001 paikalliskäytössä (ei kuljettajaa)
-------------------------------	-------------	-----	--

<b>Puimurin koko</b>	= Lleveys	m
----------------------	-----------	---

<b>Puimurin jälleenhankintahinta</b>	Koneviestin ryhmäesittelyt	Tilakoko:	30 ha	<b>42900 €</b>
			70 ha	<b>42900 €</b>
			120 ha	<b>62600 €</b>
			200 ha	<b>102100 €</b>

<b>Puimurin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	<b>14 % / vuosi</b> <b>4 %</b>	=> poistoaika 15 v.	jäännösarvo 10%
		Ala-Orvola et.al. 1998	MTTL 230

<b>Puimurin ikä</b>	<b>2</b>	v
---------------------	----------	---

<b>Vuokrapuimuri ON/OFF</b>	<b>Pois/ Päällä</b>
(sis. kuljettajan)	Käyttää Maatalouskalenteri 1999:n tuntitaksaa autom. l. leveyden mukaan.

<b>Perävaunun j.hankintahinta</b>	10 m3=>3360 €, 15 m3=> 5050 €	, KV:n ryhmäesittelyt
-----------------------------------	-------------------------------	-----------------------

<b>P.vaunujen poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	<b>9 % / vuosi</b> <b>4 %</b>	=> poistoaika 25 v.	jäännösarvo 10%
		Ala-Orvola et.al. 1998	MTTL 230

<b>Perävaunun ikä</b>	1) <b>5 v.</b>	2) <b>15 v.</b>
-----------------------	----------------	-----------------

<b>Puskurikuivurin jälleenhankintahinta</b>	50 m3	<b>16800 €</b>	MRO 1999
---	-------	----------------	----------

<b>Kuivurin jälleenhankintahinta</b> (sis. varastosiilot n. ½ peltoalasta)	mk TTS 507	Varastoa: n.puolelle peltoalasta
		30 ha <b>48200 €</b>
		70 ha <b>64300 €</b>
		120 ha <b>91200 €</b>
		200 ha <b>107300 €</b>

<b>Kuivurin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	<b>9 % / vuosi</b> <b>4 %</b>	=> poistoaika 25 v. jäännösarvo 10% Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230
--	----------------------------------	--

<b>Kuivurin ikä</b>	<b>12</b>	v
---------------------	-----------	---

<b>Varaston koko ja hinta</b> (puuttuva kapasiteetti, jotta kaikki vilja mahtuu)	m3	Tilakoon mukaan:	
Lieriömäinen terässiilo tyhjennyskuljettimella		30 ha	<b>65 m3    3330 €</b>
Antti-teollisuus 1999		70 ha	<b>246 m3    9150 €</b>
		120 ha	<b>440 m3    15730 €</b>
		200 ha	<b>850 m3    28200 €</b>

<b>Varaston ikä</b>	<b>12</b>	v
---------------------	-----------	---

<b>Kylmäilmakuivurin jälleenhankintahinta</b> (kaava valmiiksi svötetty)	mk TTS 441	
		30 ha <b>32000 €</b>
		70 ha <b>68900 €</b>
		120 ha <b>110900 €</b>
		200 ha

<b>VuokrakuivuriON/OFF</b>	<b>Pois/ Päällä</b>
Käyttää Maatalouskalenteri 1999:n tuntitaksaa autom. koon mukaan.	

<b>Kylmäilmakuivurin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	<b>9 % / vuosi</b> <b>4 %</b>	=> poistoaika 25 v. jäännösarvo 10% Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230
---	----------------------------------	--

<b>Kylmäilmakuivurin ikä</b>	<b>12</b>	v
------------------------------	-----------	---

<b>Kylmäilmakuivurin lisävaraston koko ja hinta</b> (puuttuva kapasiteetti, jotta kaikki vilja mahtuu)	m3	Tilakoon mukaan:	
Lieriömäinen terässiilo tyhjennyskuljettimella		30 ha	<b>65 m3    3330 €</b>
Antti-teollisuus 1999		70 ha	<b>150 m3    5180 €</b>
		120 ha	<b>250 m3    9150 €</b>
		200 ha	

<b>Kylmäilmakuivurin energiakulutus</b> (snt haihdutettua vesikiloa kohti)	<b>2,9 snt/kg</b>
Yhden vesikilon haihduttamiseen kuluva polttoöljyn määrä* pö:n hinta. Oletetaan, että puhaltimia pyöritetään dieselmoottorilla. Polttoaineen kulutus 0,31 l/kWh (Vakolan koetusselostus 1132), kuivaushyöty 1,5-kertainen (lämmönvaihdin pakoputkistossa). Energiankulutus olkoon 0,35 kWh/kg haihdutettua vesikiloa kohti (Ahokas & Koivisto 1983). Pö:n hinta ilman ALV:tä 39,8 snt/l (joulukuu 1999).	

<b>TrS koneiden hinta</b>	Esim.	Hapotinruuvi+annostelulaite	<b>3360 €</b>
		Murskemylly (KV 19/1999)	<b>7740 €</b>
		Ilmat.siihon täyttölevaattori (Kesko -99)	<b>3360 €</b>

<b>TrS koneiden poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	<b>14 % / vuosi</b> <b>4 %</b>	=> poistoaika 15 v. jäännösarvo 10% Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230
--	-----------------------------------	--

<b>TrS koneiden ikä</b>	<b>6</b>	v
-------------------------	----------	---

TrS varaston hinta Oletus: 1 ha => 7 m3 varastoa	Tilakoko	Varastonkoko	Varastotyyppi, €		
			Murske	Jyvä	Ilmatiivis
Murskesäilöntä => laakasiilo	30	210	<b>20700</b>	<b>7900</b>	<b>35300</b>
Jyvässäilöntä => pyöreä peltisiilo	70	490	<b>43700</b>	<b>16000</b>	<b>40900</b>
Ilmat.säilöntä => käytetty terässiilo	120	840	<b>72500</b>	<b>26000</b>	<b>47400</b>
	200	1400			<b>85800</b>

Lähteet: MRO 1999, Antti-Teollisuus 1999, Kesko 1999

<b>TrS varaston poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	<b>9 % / vuosi</b> <b>4 %</b>	=> poistoaika 25 v. jäännösarvo 10% Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230
--	----------------------------------	--

<b>TrS varaston ikä</b>	<b>12</b>	v
-------------------------	-----------	---

<b>Tr työn hinta</b>	Myrskemylyä tai lietsoa käyttävän ylimääräisen traktorin tuntikustannus. Ei tarvita jyväsäilönnässä. Maatalouskalenteri 1999	<b>8,24 €/h</b>
----------------------	--	-----------------

<b>AIVhappo</b>	Keskusliikkeet 2001	<b>0,81 €/l</b>
-----------------	---------------------	-----------------

<b>Propionhappo</b>	Keskusliikkeet 2001	<b>1,62 €/l</b>
---------------------	---------------------	-----------------

<b>Polttoöljy</b>	Keskusliikkeet 2001	<b>39,8 snt/l</b>
-------------------	---------------------	-------------------

<b>Vuokrapuimuri</b> (sis. kuljettajan)	Leikkuuleveyden mukaan:	300 cm	<b>78 €/h</b>
		360 cm	<b>106 €/h</b>
	Maatalouskalenteri 2001	480 cm	<b>155 €/h</b>

<b>Vuokrakuivuri</b> (sis. työntekijän)	Tilavuuden mukaan:	8 m3	<b>14,8 €/h</b>
		14 m3	<b>19,7 €/h</b>
		24 m3	<b>25,7 €/h</b>
	Maatalouskalenteri 1999	30 m3	<b>29,4 €/h</b>

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

- 31** Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. *Suomi ym.* 100 s., 1 liite.
- 21** Luomusikala Suomen olosuhteissa. *Kivinen.* 78 s.
- 18** Ajettavien työkoneiden kulkuteiden turvallisuus II. *Suutarinen ym.* 69 s., 2 liitettä.
- 6** Työsuojelupanostuksen kannattavuus maataloudessa. *Suutarinen ym.* 80 s., 5 liitettä.
- 4** Digitaalikuvausten ja vesiherkän paperin käyttö perunan ruiskutus-tutkimuksessa. *Suomi & Haapala.* 70 s., 5 liitettä.

