

JYRKI KERVINEN  
ANTTI SUOKANNAS

# KIEDOTUN PYÖRÖPAALISÄILÖREHUN VALMISTUSTEKNIikka JA LAATU

EFFECT OF POST-HARVEST TECHNOLOGY  
UPON WRAPPED ROUND BALE SILAGE QUALITY



VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 64

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

VIHTI 1993

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
**Agricultural Research Centre of Finland**

**VAKOLA**

**Maatalousteknologian tutkimuslaitos**

**Institute of Agricultural Engineering**

Osoite  
Vakolantie 55  
03400 VIHTI

Puhelin  
(90) 224 6211  
Telefax  
(90) 224 6210

Address  
Vakolantie 55  
FIN-03400 VIHTI  
FINLAND

Telephone int. +  
358-0-224 6211  
Telefax int. +  
(90) 224 6210

**JYRKI KERVINEN**

**ANTTI SUOKANNAS**

**KIEDOTUN PYÖRÖPAALISÄILÖREHUN  
VALMISTUSTEKNIikka  
JA LAATU**

**EFFECT OF POST-HARVEST TECHNOLOGY  
UPON WRAPPED ROUND BALE SILAGE QUALITY**

**VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 64**

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**VIHTI 1993**

**Sammanfattning s. 95**

**Summary p. 96**

**ISSN 0782-0054**

# SISÄLLYSLUETTELO

## KUVAILULEHDET

## ALKUSANAT

JOHDANTO	10
1. KIRJALLISUUSOSA	12
1.1. Raaka-aine	12
1.1.1. Yleistä	12
1.1.2. Raakavalkuainen ja raakakuitu	13
1.1.3. Sokerit	13
1.1.4. Tuhka	14
1.1.5. Korjuuaika	14
1.1.5.1. Kasvilajien vaikutus	14
1.1.5.2. Lannoituksen ja sään vaikutus	14
1.2. Niitto	15
1.2.1. Niittoaika	15
1.2.2. Niittomurskaimet	15
1.2.3. Murskausniitto	16
1.2.4. Murskauksen ja karhon rakenteen vaikutus kuivumiseen	16
1.3. Esikuivaus	17
1.4. Pyöröpaalaimet	19
1.4.1. Muuttuvakammioinen pyöröpaalain	19
1.4.2. Kiinteäkammioinen pyöröpaalain	20
1.4.3. Paalaintyyppien väliset erot	21
1.4.3.1. Pyöröpaalien tilavuuspainojen erot	21
1.4.3.2. Tehontarve	22
1.4.4. Pyöröpaalaimen tekniset parannukset	23
1.4.4.1. Jatkuvatoiminen pyöröpaalain	25
1.4.4.2. Suorakaiteenmuotoisia paaleja tekevä suurpaalain	26
1.4.4.3. Orkel-menetelmä	26
1.4.4.4. Silppuava paalain	26
1.5. Säilöntäaineet	27
1.5.1. Orgaaniset hapot	27
1.5.1.1. Muurahaishappo	27
1.5.1.2. Propionihappo	28
1.5.1.3. Bentsoehappo	29
1.5.2. Biologiset säilöntäaineet	29
1.5.2.1. Maitohappobakteerisäilöntäaineet	29
1.5.2.2. Entsyymisäilöntäaineet	30
1.5.3. Biologisten säilöntäaineiden vaikutus rehuun	30
1.5.4. Säilöntäaineiden käytön tarpeellisuus pyöröpaalisäilörehussa	31

1.5.5.	Säilöntäaineiden annostus	32
1.6.	Kiedontalaitteet	32
1.7.	Kiedontamuovit	34
1.8.	Kiedontamenetelmä	35
1.9.	Varastointimenetelmä	36
1.10.	Säilörehun kemiallinen ja mikrobiologinen laatu	37
1.10.1.	Kemiallinen laatu	37
1.10.1.1.	pH	37
1.10.1.2.	Maitohappo	38
1.10.1.3.	Sokerit	38
1.10.1.4.	Vapaat hapot	38
1.10.2.	Rehun virheikäymistä ja valkuaisen haitallista hajoamista kuvaavat tekijät	39
1.10.2.1.	Etikkahappo	39
1.10.2.2.	Ammoniakki ja amiinit	39
1.10.3.	Mikrobiologinen laatu	39
1.10.3.1.	Klostridit	40
1.10.3.2.	Sienet	41
1.10.3.3.	Listeria	42
1.11.	Yhteenveto	43
2.	KOKEELLINEN OSA	45
2.1.	Tutkimuksen tavoite	45
2.2.	Aineisto ja tutkimusmenetelmät	45
2.2.1.	Koepaikka ja -aika sekä kasvustot	45
2.2.2.	Niitto	45
2.2.3.	Paalaus	46
2.2.4.	Kiedonta	48
2.2.5.	Varastointi	48
2.2.6.	Rehun korjuu	48
2.2.7.	Työvaiheiden aikamittaus	50
2.2.8.	Paalien lämpötilan mittaus	50
2.2.9.	Rehunäytteiden otto ja analysointi	50
2.2.10.	Rehun laadun määrittäminen ja arvostelu	51
2.2.11.	Sää kenttäkokeiden aikana	52
2.2.12.	Tulosten laskeminen ja tilastollinen käsittely	53
3.	TULOKSET	54
3.1.	Kiedontamuovin menekki	54
3.2.	Paalin tiheys	54
3.3.	Korjuumenetelmän työmenekki	55
3.4.	Rehun lämpötilamittaukset	55
3.4.1.	Kevätsato	55

3.4.2.	Kesäsato .....	57
3.5.	Säilörehun raaka-aineen kemiallisen koostumuksen vaihtelu eri sadoissa .....	59
3.6.	Kevät-, kesä- ja syysadon paalien raaka-aineiden kemiallinen koostumus .....	60
3.6.1.	Kevätsato .....	60
3.6.2.	Kesäsato .....	61
3.6.3.	Syysato .....	63
3.7	Säilörehun säilönnällinen laatu .....	64
3.7.1.	Kevätsato .....	64
3.7.2.	Kesäsato .....	69
3.7.3.	Syysato .....	74
3.8.	Kuiva-aineen vaikutus pyöröpaalisäilörehun laatuun .....	79
3.8.1.	Kevätsato .....	79
3.8.2.	Kesäsato .....	79
3.8.3.	Syysato .....	81
3.9.	Säilörehun mikrobiologinen laatu .....	81
3.9.1.	Voihappobakteerit .....	81
3.9.2.	Sieni-itiöpitoisuudet .....	82
3.10.	Rehujen säilöntätappiot .....	84
3.10.1.	Paalien painohävikki varastoinnissa .....	84
3.10.2.	Purettujen paalien aistinvarainen arvostelu .....	85
4.	TULOSTEN TARKASTELU .....	89
4.1.	Työvaiheiden aikamittaukset .....	89
4.2.	Lämpötilamittaukset .....	89
4.3.	Raaka-aineen koostumus .....	89
4.4.	Rehujen säilönnällinen ja mikrobiologinen laatu .....	90
4.4.1.	Kevätsato .....	90
4.4.2.	Kesäsato .....	91
4.4.3.	Syysato .....	91
4.5.	Rehujen säilöntätappiot .....	92
4.6.	Tulosten luotettavuus .....	92
5.	TIIVISTELMÄ .....	94
6.	SAMMANFATTNING .....	95
7.	SUMMARY .....	96
8.	KIRJALLISUUSLUETTELO .....	98

LIITTEET

Maatalouden tutkimuskeskus  
Maatalousteknologian tutkimuslaitos  
MTTK/VAKOLA

Julkaisun päivämäärä  
22.2.1993

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Antti Suokannas		Tutkimusselostus	
Jyrki Kervinen		Toimeksiantaja	
		Maatilatalouden kehittämisrahasto	
		Toimielimen asettamispvm	
		29.1.1991	
Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)			
Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu.			
Julkaisun osat			
Tiivistelmä			
<p>Tutkimuksessa selvitettiin eri paalaus-, kiedonta- ja varastointimenetelmien vaikutus muovikalvoon kiedotun pyöröpaalatun kevät-, kesä- ja syysadon säilörehun laatuun. Tutkimuksesta tehdään erillinen tiedote, jossa esitetään lyhyesti pyöröpaalisäilörehun teko-ohjeet.</p> <p>Tässä tutkimuksessa säilörehu oli laadukkainta, kun rehun kuiva-ainepitoisuus oli 30 - 40 %.</p> <p>Säilöntäaineilla, AIV-2 ja AIV-4, tehty rehu oli laadultaan parempaa kuin ilman säilöntäainetta tehty. Säilöntäaineen käyttö vähentää virhekäymisten mahdollisuutta. Ilman säilöntäainetta korjattujen syysrehujen laatu oli melko hyvä johtuen lähinnä siitä, että syysrehujen varastointikausi oli viileä.</p> <p>Kiedonnassa suositeltava muovikerrosten lukumäärä on kuusi kappaletta (2+2+2=6) huolimatta siitä, että muovikustannus paalia kohden on kuutta kerrosta käytettäessä n. 5 mk suurempi kuin neljää kerrosta käytettäessä. Lisäksi märkää paalia kiedottaessa paalin epäsäännöllisestä muodosta johtuen limitys vaihtelee, jolloin muovia on paikoin vähemmän kuin ennalta on suunniteltu.</p> <p>Pyöröpaalien peittäminen kohottaa paalin pintarehun lämpötilaa kesällä ja peitteen käsittely talvella on hankalaa jään ja lumen vuoksi.</p> <p>Yli 30 % ka sisältävien paalien painohävikki oli hyvin pieni, sillä pitkälle esikuivatun rehun painohävikki on lähinnä kuiva-ainehävikkiä.</p> <p>Alle 30 % kuiva-ainepitoisuus, vähäinen maitohappokäyminen ja alkukesän lämpimät säät ovat ilmeisesti vaikuttaneet siihen, että voi-happobakteeri-itiöiden määrä oli yli 1000 kpl/g muutamassa kevätadon paalissa. Kevät-, kesä- ja syysrehuissa oli säilöntäaineella tehdyissä paaleissa vähemmän sieni- ja bakteeripitoisia näytteitä kuin ilman säilöntäainetta tehdyissä.</p>			
Avalnsanat (asiasanat)			
Pyöröpaalisäilörehu, rehun korjuu, kiedontamenetelmä, varastointimenetelmä, rehun säilönnällinen ja mikrobiologinen laatu, rehun lämpötila, muovin menekki			
Muut tiedot			
Saatavana Maatalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian laitokselta (MTTK/VAKOLA)			
puhelin (90) 224 6211			
telefax (90) 224 6210			
Sarjan nimi ja numero		ISSN	ISBN
Vakolan tutkimusselostus 64		0782-0054	
Kokonaissivumäärä	Kieli suomi	Hinta	Luottamuksellisuus
	tiivist. englanti, ruotsi	50 mk	Julkinen
Jakaja	Kustantaja		
VAKOLA, Vakolantie 55, 03400 VIHTI			

<p>Authors (if organ: name of organ, chairman, secretary)</p> <p><b>Antti Suokannas</b></p> <p><b>Jyrki Kervinen</b></p>	<p>Kind of publication <b>Study report</b></p>
	<p>Comisioned by <b>Maatilatalouden kehittämisrahasto</b></p>
	<p>Date of setting up of organ <b>1991-01-29</b></p>
<p>English and Swedish titles of publication</p> <p><b>Effect of Post-Harvest Technology Upon Wrapped Round Bale Silage Quality.</b></p>	
<p>Parts of publication</p>	
<p>Abstract</p> <p>The effect of different baling, wrapping and storage methods on silage quality was examined, when the silage was made in round bales wrapped in plastic. The silage was made of grass from first, second and third cut.</p> <p>In this study the silage quality was best when the dry matter at baling was 30 - 40 %.</p> <p>Bales made with additives, AIV-2 and AIV-4, had better quality than bales without additives. Use of additives decrease the risk of bad fermentation. The quality of the bales from third cut was fairly good also without additives, mainly because these bales had a cool storage period.</p> <p>The recommendable number of stretch film layers around the bales is six (2+2+2=6), in spite of the fact that the cost is c. 5 mk higher per bale with six layers than with four layers. Moreover, the overlap of the layers vary when wrapping moist bales, due to their irregular shape, and therefore the number of layers is at some places of such bales less than the intended one.</p> <p>Covering of the wrapped bales, e.g. with tarpaulines, raise the temperature of the silage near the bale surface in summer, and in winter it is troublesome to handle the covers due to ice and snow.</p> <p>The weight loss of bales with over 30 % DM was very small, because the weight loss of silage that has been wilted very long is mainly dry matter loss.</p> <p>Less than 30 % DM, little lactic acid fermentation and the warm weather in early summer have obviously been the reasons why the number of clostridial spores was over 1000/g in some bales from the first cut. There were less samples containing fungi and bacteria obtained from bales made with additives than from bales made without additives. This held good for the bales from both first, second and third cut.</p>	
<p>Key words</p> <p>Round bale silage, silage making wrapping method, storing method, chemical and microbiological quality of silage, silage temperature, consumption of plastic</p>	
<p>Additional information</p> <p><b>ARC/VAKOLA</b> <b>Vakolantie 55</b> <b>FIN-03400 VIHTI</b> <b>FINLAND</b></p>	<p>Telephone <b>+358-0-224 6211</b> Telefax <b>+358-0-224 6210</b></p>
<p>Name of series, number</p> <p><b>Vakolan tutkimuslöstus 64</b></p>	<p>ISSN <b>0782-0054</b></p> <p>ISBN</p>
<p>Pages</p>	<p>Language <b>Finnish, Tables and figures: English, Summaries: English, Swedish</b></p>
<p>Sold by</p> <p><b>VAKOLA, Vakolantie 55, 03400 VIHTI</b></p>	<p>Price <b>FIM 50 mk</b></p>

## **ALKUSANAT**

Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksella aloitettiin keväällä 1991 kiedotun pyöröpaalisäilörehun laatua koskeva tutkimus. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikan vaikutus rehun laatuun kevät-, kesä- ja syyssadossa.

Tutkimuksen rahoittajana oli Maatilatalouden kehittämisrahasto. Rehuanalyysien kustannuksista vastasi osittain Valio. Rehujen sieni-itiöpitoisuudet määritettiin Kuopion aluetyöterveyslaitoksella. Tutkimuksen valvojakunnan puheenjohtajana toimi osastopäällikkö Tarmo Luoma Työtehoseurasta sekä jäsenenä Valion neuvonnan esimies Jaakko Helminen, osastopäällikkö Hannu Seppänen Maaseutukeskusten Liitosta ja vanhempi tutkija Vesa Toivonen Maatalouden tutkimuskeskuksesta ja osastopäällikkö Henrik Sarin VAKOLAsta.

Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos kiittää Maatilahallitusta, Valioa, Kuopion aluetyöterveyslaitosta ja tutkimuksen valvojakuntaa sekä kaikkia muita tutkimuksen valmistumista edesauttaneita. Erityiskiitokset TUKOn Matti Oksaselle ja Konetekijöiden Erkki Kivelälle, jotka lainasivat koneet rehun korjuuseen. Erityiskiitokset myös RANImuovin Mikael Albeckille.

Vihdissä, tammikuussa 1993

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Maatalousteknologian tutkimuslaitos

## JOHDANTO

Säilörehun pyöröpaalaus ja paalien kietominen muovikalvoon on uusin rehunkorjuumenetelmä, jonka käyttö on yleistynyt parin viime vuoden aikana sekä Suomessa että myös muualla maailmassa. Säilörehun pyöröpaalauksen kehitti englantilainen maanviljelijä Lloyd Forster, joka lokakuussa 1978 korjasi ensimmäisen säilörehusadon pyöröpaalaimella ja säilöi paalit polyeteenipusseihin. Nykyisin pussitusmenetelmä on jäänyt käytöstä lähes kokonaan pois työläänä ja epävarmana säilöntämenetelmänä ja tilalle on tullut kiedontamenetelmä, joka kehitettiin vuonna 1985 ja otettiin ensimmäisen kerran käyttöön Euroopassa vuonna 1986.

Suomessa korjattiin vuonna 1991 säilörehualasta noin 5 % pyöröpaali-kiedontamenetelmällä, kun taas Ruotsissa ja Norjassa korjataan nurmisäilörehusta 20-30 % pyöröpaalaimilla. Pohjoismaissa käytetään pyöröpaalainta eniten säilörehun korjuuseen Islannissa, jossa nurmisäilörehualasta korjattiin vuonna 1990 peräti 77 % pyöröpaalaimilla. Vähiten kiinnostusta säilörehun pyöröpaalaukseen on Tanskassa, jossa suositetaan enemmän kantikkaita, mitoiltaan 80 · 85 · 160 cm kokoisia suurpaaleja tekeviä paalaimia. Lisäksi säilörehun tekeminen on keskittynyt Tanskassa etupäässä suurille konekeskuksille, joiden palveluksia yksittäiset viljelijät voivat ostaa ja näiden konekeskusten käyttöön säilörehun pyöröpaalaus ei ole riittävän tehokas korjuumenetelmä.

Pyöröpaalaimen käyttöä säilörehun valmistukseen on lisännyt menetelmän useat hyvät puolet muihin tarjolla oleviin menetelmiin verrattuna. Ensinnäkin pyöröpaalainta voidaan käyttää säilörehun lisäksi myös heinä- ja olkisadon korjuukoneena. Pyöröpaalaimen käyttö säilörehun valmistukseen on myös antanut erityisesti pienille tiloille mahdollisuuden siirtyä mahdollisimman pienin pääomakustannuksin esikuivatun säilörehun valmistukseen. Pyöröpaalaus-kiedontamenetelmällä säilörehu voidaan korjata suhteellisen vähäisen työntekijämäärän avulla työsaavutuksen ollessa silti korkea. Työvoimantarvetta ja samalla myös koneinvestointien määrää vähentää edelleen se, että pyöröpaalisäilörehun valmistus onnistuu erinomaisesti yhteistyössä useamman tilan kanssa. Pyöröpaalisäilörehun varastointikustannukset ovat alhaiset, koska kiinteitä rehuvarastoja ei tarvita, vaan paalit voidaan varastoida talviruokinnan tai peltolohkon sijainnin kannalta parhaaseen mahdolliseen paikkaan ulos.

Pyöröpaalattu säilörehu joustavoittaa myös eläinten talviruokintaa, sillä esimerkiksi keväällä korjattu säilörehu voidaan käyttää lisärehuna myöhemmin kesällä laidunrehun loppuessa. Lisäksi kesän aikana korjattu nurmisäilörehu voidaan jakaa mm. rehun korjuuasteen, nurmen koostumuksen tai kuiva-ainepitoisuuden mukaan eri osiin ja syöttää tiettyyn aikaan tai tietyille eläimille. Pyöröpaalausta voidaan käyttää myös täydentävänä säilörehun valmistusmenetelmänä tiloilla, joilla jo ennestään on pyöröpaalain. Esimerkiksi torni- tai laakasiilon täytyessä kevät- ja kesäsadosta, syyssato voidaan korjata pyöröpaalaimella. Pyöröpaalattu säilörehu on myös huomattavasti helpompaa kaupata tilalta toiselle kuin perinteisiä menetelmiä käyttäen valmistettu säilörehu, joten se soveltuu lisäansion lähteeksi pelkälle viljatilallekin.

Useista eduistaan huolimatta pyöröpaalaus ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton ratkaisu säilörehun valmistukseen. Pyöröpaalauksessa pyritään varsin korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen, joka saattaa etenkin syyssadon osalta olla meidän oloissamme vaikea saavuttaa huonojen sääolosuhteiden vuoksi. Lisäksi rehu korjataan silppuamatta ja varastoidaan ohuen muovikalvon alle ilman painotusta ja suojaa auringon säteilyä vastaan. Kaikki edellämainitut seikat vaikuttavat rehun laatuun ja huonolaatuisen säilörehun yleisin seuraus on tuotoksen lasku ja siten viljelijän tulon menetys. Tämä aiheutuu alentuneesta syönnistä tai alentuneesta hyväksikäytöstä johtuvasta energian tai valkuaisen aliruokinnasta. Huonolaatuisessa säilörehussa on runsaasti voihappobakteeritiöitä, jotka siirtyvät helposti maitoon aiheuttaen ongelmia juuston valmistuksessa.

Vaikka pyöröpaalisäilörehu olisikin saatu korjattua ja säilöttyä hyvälaatuisena, on vielä paalin jatkokäsittelyssä ongelmia. Pitkä, silppuamaton rehu on raskasta käsitellä ruokintavaiheen aikana ja mikäli kuiva-ainepitoisuudeltaan alhainen paali on päässyt jäätymään, on sen käsittely entistäkin hankalampaa. Lisäksi hyvälaatuisenkin säilörehusadon laatu vaihtelee paaleittain. Pyöröpaalimenetelmässä muovina kuluu moninkertainen määrä verrattuna muihin rehunkorjuumenetelmiin, jolloin muovista aiheutuu ongelmallista jätettä.

Aikaisemmin kiedotun pyöröpaalisäilörehun laatua ja laatuun vaikuttavia tekijöitä ei ole tutkittu perusteellisesti käytännön oloissa. Pyöröpaali-kiedontamenetelmä on kuitenkin yleistynyt nopeasti jopa ainoaksi rehunkorjuutavaksi, joten laatuun vaikuttavat tekijät tulee nopeasti selvittää.

Kesällä 1991 alkoi Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksella tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää eri paalaus-, kiedonta- ja varastointimenetelmien vaikutus kiedotun pyöröpaalisäilörehun laatuun ja säilyvyyteen sekä kevät-, kesä- että syyssadossa. Kokeita varten tehtiin kaikkiaan 238 koepaalia.

Tutkimuksen johtajana toimi osastopäällikkö Henrik Sarin ja tutkijana agronomi, MMK Antti Suokannas Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitokselta. Tutkimuksesta tekee pro-gradu työn agr.yo. Jyrki Kervinen. Tutkimusapulaisina oli agr.yo. Antti Sipilä ja agr.yo. Ari Alakruuvi.

## 1. KIRJALLISUUSOSA

### 1.1. Raaka-aine

#### 1.1.1. Yleistä

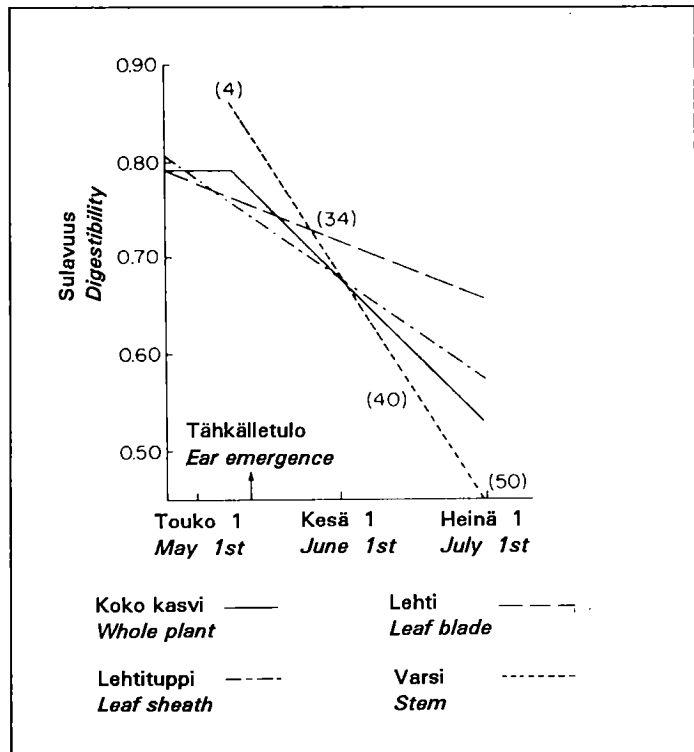
Hyvän säilörehun valmistus perustuu hyvälaatuiseseen säilörehunurmeen, sillä hyvälläkään säilönnällä ei saada ravinnekoostumukseltaan huonosta raaka-aineesta ensiluokkaisuuta, maittavaa ja tuottavaa säilörehua /39/. Ruohon kasvu alkaa keväällä, kun lämpötila nousee yli +4-5 °C:een. Kasvun vaiheet ovat hyvin samantyyppisiä eri ruohokasveilla. Kasvun alkuvaiheessa lehdet kehittyvät nopeasti, jota seuraa varren lisääntyvä kasvu. Varren kasvu päättyy lopulta kukintoon ja siementen muodostumiseen. Ruohon kuivaainemäärä lisääntyy hitaasti keväällä kasvun alkuvaiheessa, mutta kasvu nopeutuu varren kehittymisen ja tähkän esiin tulon myötä, kunnes se jälleen hidastuu tähkän kypsyessä. Tähkän kypsyessä kosteus- ja raakavalkuaispitoisuudet alkavat vähetä samalla, kun soluseinäissä olevien hemiselluloosan, selluloosan ja ligniinin pitoisuudet kohoavat /27/.

**Kuva 1.**

Koiranheinän koko kasvin sekä kasvin eri osien kuiva-aineen sulavuus in vitro kasvin vanhetessa. Suluissa olevat luvut ovat varren prosentiosuuksia koko kasvista /27/.

**Figure 1.**

The digestibility in vitro of the dry matter of the whole plant and of various parts of the plant of cocksfoot during the first growth in spring. The figures in parenthesis are the stem's share of the whole plant expressed as a percentage /27/.



Rehun sulavuus vähentyy ruohon vanhetessa mutta muutos ei kuitenkaan ole lineaarinen, koska keväällä on noin kuukauden pituinen kausi, jolloin ruohon sulavuus pysyy lähes muuttumattomana. Tämä kausi päättyy useimmilla säilörehun raaka-aineeksi käytettävillä ruohokasveilla tähkälle tuloon, jonka jälkeen rehun sulavuus vähentyy jyrkästi. Hyvin nuoren ruohokasvin varsi on sulavampaa kuin lehdet mutta asetelma muuttuu päinvastaiseksi ruohon vanhetessa (kuva 1) /27/. LAMPISEN mukaan säilörehun sulavuuden tavoitteena pidetään 65-70 % /23/.

### 1.1.2. Raakavalkuainen ja raakakuitu

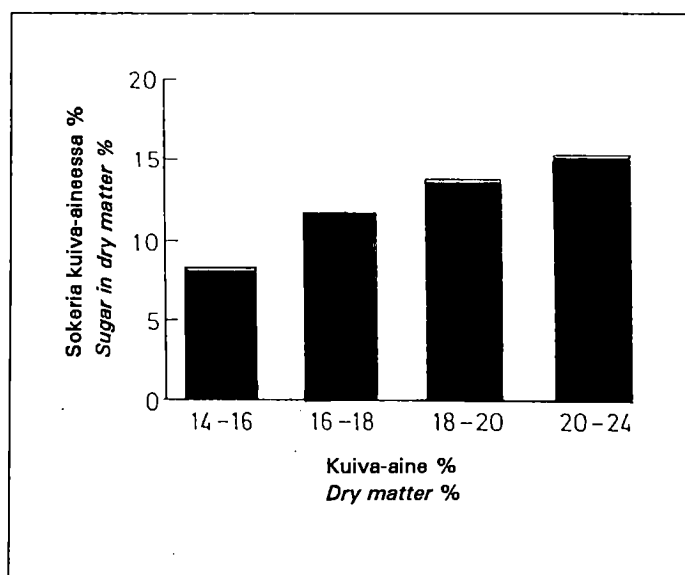
Säilörehun korjuuvaiheessa rehun raakavalkuaisen tavoitetaso on 14-17 % raakavalku-aista kuiva-aineessa. Nuorella kasvuasteella korjatussa rehussa tyypellisten aineiden ylimäärä pieneliöiden tarpeeseen verrattuna on kaikkein suurin. Raakavalkuaispitoisuuden vaihdella 11,0 ja 19,5 %:n välillä pysyy lehmän suolistossa imeytyneiden aminohappojen kokonaismäärä lähes muuttumattomana. /23/.

Säilörehunurmen korjuuajankohta vaikuttaa rehun raakavalkuais- ja raakakuitupitoisuuteen. Heinänurmikasvien kehitykselle on tyypillistä raakavalkuaispitoisuuden jyrkkä väheneminen kasvun joutuessa sekä samanaikainen raakakuitupitoisuuden lisääntyminen. Apilanurmien laadun huononeminen kasvun edetessä on hitaampaa kuin heinäkasvinurmien. Rehun kokonaisvalkuaispitoisuus muuttuu vähän. /39/.

### 1.1.3. Sokerit

Säilörehunurmen sokereiden määrä lisääntyy lievästi kasvun edetessä. Sokeripitoisuudet ovat pienimmillään aamulla ja suurimmillaan puolenpäivän aikaan. Tämä johtuu siitä, että sokereita muodostuu kasveissa ilmasta otetusta hiilidioksidista ja maasta otetusta vedestä auringonvalon ollessa energianlähteenä. Myös pimeään aikaan kasvit tarvitsevat energiaa elintoimintoihinsa. Ne tuottavat sitä hajottamalla sokereita, ts. hengittämällä. Kasvien sokeripitoisuus onkin lämpimän ja pilvisen kesäyön jälkeen pienin aamulla. /39/.

RAURAMAAN mukaan valon vaikutus nurmikasvien sokeripitoisuuteen näkyy myös maamme eteläpohjoissuunnassa /39/. Raaka-ainenäytteiden sokeripitoisuus oli Etelä-Suomen alueella pienin, keskimäärin 9,5 % kuiva-aineesta. Itä-Suomen alueella vastaava sokeripitoisuus oli 11,5 ja Pohjois-Suomessa 14,1 %. Säilörehuntekoa ei kannata aloittaa aamuvarkaisella eikä heti sateen jälkeen. Märästä säilörehusta saadaan vetistä säilörehua. Säilörehunurmien sokeripitoisuus näyttää myös lisääntyvän nurmen kuiva-ainepitoisuuden myötä (kuva 2).



**Kuva 2.**

Säilörehuksi korjattujen raaka-ainenäytteiden sokeripitoisuudet eri kuiva-aineluokissa /39/.

**Figure 2.**

Sugar content in different dry matter classes of grass intended for silage /39/.

#### 1.1.4. Tuhka

Tuhka kuvastaa kivennäisaineiden määrää rehussa. Kivennäisaineiden tasapainolla nurmirehussa on olennainen merkitys ruokinnassa. Siksi on jatkuvasti kiinnitettävä huomiota maan ravinnetasapainoon ja oikeaan lannoitukseen. Mullan pääseminen säilörehun joukkoon lisää tuhkan määrää parantamatta silti säilörehun laatua. Rehumassan multaantumisen riskiä lisäävät huomattavasti pellon pinnan epätasaisuus ja niitto lyhyeen sänkeen /39/. HAKKOLAN mukaan ruohon kasvaessa myös kivennäisaineiden pitoisuudet alenevat /11/.

#### 1.1.5. Korjuuaika

Pyöröpaalisäilörehua ei suositella tehtäväksi kesän ensimmäisestä sadosta. Kokeissa varhaiskesällä tehty pyöröpaalisäilörehu on useimmiten säilynyt huonommin kuin myöhäiskesällä tehty. Syy on todennäköisesti ensimmäisen sadon korkeampi varastointilämpötila ja siitä johtuva vilkkaampi haitallinen pieneliötoiminta. Jos pyöröpaalisäilörehua tehdään ensimmäisestä sadosta, rehu tulisi käyttää kesän aikana, jotta sen varastointi jää mahdollisimman lyhytaikaiseksi. Karkeat korret kasvattavat paaliin jäävää ilman määrää, jolloin myös hengitys- ja käymisongelmien vaara kasvaa. Toisesta sadosta kasvusto on useimmiten jo luonnostaan hennompaa /34/.

Kevät- ja kesäsadon korjuuajan määrittämisessä keskeisiä asioita ovat sadon määrä ja laatu. Syyskorjuussa on otettava huomioon myös talvehtiminen. Viimeistä korjuuta ei saa tehdä liian myöhään. Etelä-Suomessa viimeinen korjuu on tehtävä viimeistään syyskuun alkupäivinä. Maan keskiosissa sato on korjattava viimeistään elokuun lopussa ja Koillismaalla ja Lapissa jo elokuun puolivälin jälkeen. /11/.

Etelä-Suomessa nurmilla, joissa pääkasveina ovat koiranheinä ja nurminata voidaan korjata kolme satoa. Timotei ja apila ovat Etelä-Suomessakin kahden korjuukerran kasveja. Oulun korkeudella ei mistään kasvista juuri saada kahta satoa enempää. Pohjoisimmassa Lapissa on tyydyttävä yhteen nurmisatoon kesässä. /11/.

##### 1.1.5.1. Kasvilajien vaikutus

Korjuuaikaa voidaan pidentää viljelemällä useampia kasvilajeja. Heinälajeista selvästi aikaisin on koiranheinä. Sen jälkeen tulevat timotei ja nurminata. Nämä kasvilajit ovat kehitysrytmiltään hyvin samanlaisia ja soveltuvat hyvin viljeltäviksi seoksena. Heinälajeista viimeksi voidaan korjata englannin raiheinä. Apilavaltaisten nurmien laatu pysyy hyvänä pitempään kuin puhtaiden heinäkasvinurmien /11/. LAMPISEN mukaan apilalla on lisäksi edullinen vaikutus säilörehun valkuaisen laatuun /23/. Kokeissa apilan valkuainen on osoittautunut aminohappokoostumukseltaan hyväksi ja pötsissä hitaasti hajoavaksi.

##### 1.1.5.2. Lannoituksen ja sään vaikutus

Typpilannoituksella voidaan vaikuttaa kevätsadon korjuuajankohtaan. Heinänurmien korjuuaikaa voidaan pidentää myöhästyttämällä joidenkin lohkojen lannoitusta. Levittä-

mällä lannoitteet vasta roudan sulamisen jälkeen, ovat sadon valkuaispitoisuudet olleet selvästi korkeampia kuin levitettäessä lannoitteet ennen roudan sulamista. Kevätsadon valkuaispitoisuuden kannalta on tärkeää, että typpilannoitus on riittävän suuri. Mitä nuikempi typpilannoitus annetaan sitä aikaisemmin sato on korjattava, jotta sadon raakavalkuaispitoisuus ei laskisi alle tavoitetason (kuva 3). Jotta pystyttäisiin tuottamaan 3000-3500 kilon kuiva-ainesato, on säilörehunurmen typpilannoituksen oltava mieluummin yli kuin alle 100 kg/ha puhdasta typpeä. /11/.

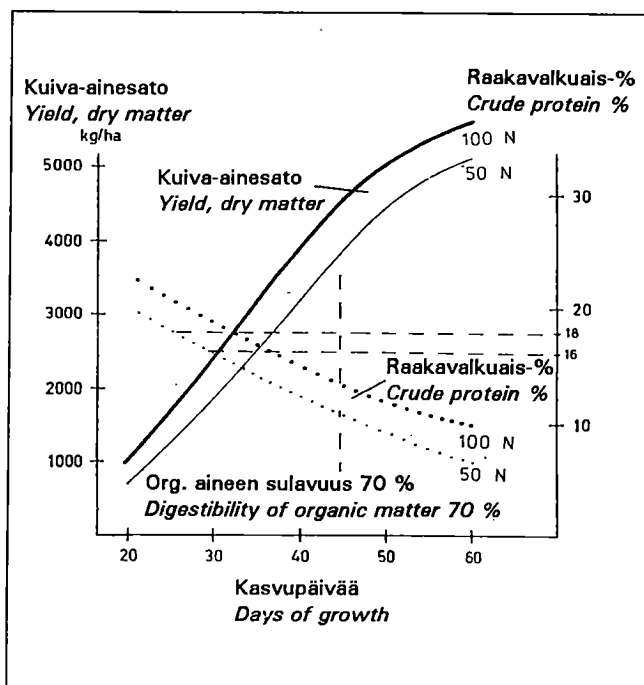
### Kuva 3.

Timotein kevätsadon kasvu ja valkuaispitoisuuden vaihtelut typpilannoitusmäärän vaihdellessa /11/.

### Figure 3.

Growth of timothy in spring and changes in protein content at different levels of nitrogenous fertilizer /11/.

Ruoho vanhenee nopeimmin lämpimällä säällä. Tutkimusten mukaan säätekijöistä nurmisadon laadun muutoksiin vaikuttaa eniten lämpötila. Lämpimällä säällä rehuarvon muutokset ovat erittäin nopeita. Lämpötilasummaa ja maan lämpötilaa voidaan käyttää säilörehun korjuuajan ennustamisessa. /11/.



## 1.2. Niitto

### 1.2.1. Niittoaika

Säilörehun korjuu on aloitettava, kun timotei on tulossa tähkälle. Rehun pitäisi olla tehty siinä vaiheessa, kun 50 % tähkistä on jo näkyvissä. Tällöin saadaan rehua, jossa on raakavalkuaista 16-18 %, orgaanisen aineen sulavuus 70-75 % ja kuitupitoisuus 24-27 %. Liian aikaisessa korjuussa sato jää pieneksi ja korjuukustannukset tulevat suuriksi. Lisäksi, jos timotei korjataan ensimmäisen kerran ruohoasteella, tulee toisesta sadosta korsiintunut ja heikkolaatuinen. Näin käy varsinkin, jos korjuu tehdään pitkähköön sänkeen. Riittävän pitkä sänki (7-10 cm) on suositeltava, koska silloin rehu saadaan puhtaana talteen ja timotein jälkikasvu sekä talvehtiminen varmistuu. /11/.

### 1.2.2. Niittomurskaimet

Niittomurskaimet ovat yleistyneet esikuivatun säilörehun teossa. Niillä saadaan sekä niitettyä että murskattua korjattava materiaali kerta-ajolla, jolloin säästetään konekustannuksissa. Leveilläkin niittomurskaimilla saadaan aikaan helposti noukittava karho, joka lisäksi kuivuu huomattavasti nopeammin kuin murskaimettomilla niittokoneilla

niitetty karho. Esikuivattua säilörehua tehtäessä on tärkeää, että niittomurskaus sujuu nopeasti ja tehokkaasti, jotta rehulle jää riittävästi esikuivausaikaa ennen korjuuta. Suorituskykyä onkin pystytty huomattavasti lisäämään käyttämällä traktorin etunostolaitteeseen kiinnitettävää niittomurskainta. Yhdessä hinattavien niittomurskainten kanssa käytettäessä, jopa 40 ha päiväsaavutukset ovat tulleet mahdollisiksi /21/.

Yleisin niittomurskaintyyppi on lautasniittomurskain. Jokaisen lautaseen kiinnitetävän terän massan tulee olla niin suuri, että se voittaa kasvuston terää kohti aiheuttaman vastuksen tyydyttävän leikkaustuloksen saamiseksi. Terät tulee kiinnittää lautasiin siten, että ne voivat taittua suojaan iskeytyessään esteeseen /21/. O'DOGHERTYn mukaan erityisesti karjatiloilta niittomurskainten korkeat traktorin tehovaatimukset rajoittavat tehokkaiden ja leveiden niittomurskainten käyttöä /36/. Tehovaatimukseltaan pienempien niittomurskainten yleistymisen on mahdollistanut myös pienten karjatilojen siirtymisen niittomurskainten käyttöön ja samalla on kyetty säästämään myös kone- ja polttoainekustannuksissa sekä tehokkaamman kuivumisprosessin myötä pienemmissä kuiva-ainetappioissa.

### 1.2.3. Murskausniitto

Suuren niitetyn materiaalmäärän tehokas murskaus lyhyessä ajassa on käytännössä vaikeaa ja kallista toteuttaa, koska materiaalivirtaa tulee jarruttaa liikkumasta liian nopeasti murskausmekanismien lävitse. Niittämätön materiaali olisikin helpompaa käsitellä, koska se ei luonnollisestikaan pysty liikkumaan, jolloin tehokas murskaus voitaisiin tehdä nopeasti. Lisäksi niittämätön rehu on yleensä pystyssä, jolloin korren viiltely, murskaus ja katkaisu voitaisiin tehdä myös korren pituussuunnassa, jonka tiedetään edistävän tehokkaasti rehun kuivumista. Tähän "murskausniittoon" soveltuva kone muodostuisi rehun murskaukseen suunnitellusta kelasta, joka olisi sijoitettu niitto-osan eteen. Säättämällä murskauskelaa pysty- ja vaakasuunnassa voitaisiin vaikuttaa murskausvoimakkuuteen sekä karhon rakenteeseen ja näin etsiä säätö, jolla saavutettaisiin rehun kuivumisnopeuden kannalta suosiollisin karhon rakenne ja murskausaste. Lyhyen silpun, jota väistämättä jonkin verran tällä koneella muodostuu, varisemistappioita voitaisiin pienentää murskauskelan suojakotelon muotoilulla niin, että lyhyt silppu kulkeutuisi muodostuvan karhon päälle. /21/.

Toinen nurmirehun murskausniittoon soveltuva systeemi muodostuisi traktorin taakse kiinnitettävästä heinän sivumurskaimesta ja traktorin etunostolaitteeseen kiinnitettävästä niittokoneesta. Tällöin traktorin sivulla oleva heinä murskattaisiin pystykasvustossa ensimmäisellä kierroksella ja murskattu materiaali niitettäisiin toisella kierroksella. /21/.

### 1.2.4. Murskauksen ja karhon rakenteen vaikutus kuivumiseen

Nykyaikaisilla niittomurskaimilla suoritettut peltokokeet ovat osoittaneet, että rehun kuivuminen nopeutuu 30 % niittomurskaimilla niitettäessä. Murskauksen ohella koneet edistävät rehun kuivumista parantamalla karhon rakennetta ja muotoa. Laboratoriokokeissa on kyetty erottamaan murskauksen ja karhon rakenteen vaikutukset kuivumiseen

ja tulokseksi on saatu, että karhon rakenne vaikutti viisi kertaa enemmän rehun kuivumiseen kuin murskaus. Karhon rakennetta voidaan parantaa käyttämällä pienempää murskaustehoa kuin perinteisesti on totuttu. Hellävaraisempi murskaus pienentää lisäksi kuiva-ainetappioita sekä korren mikrobiologisia vaurioita. Niittomurskatun rehun kuivumisnopeuteen vaikuttaa mm. karhon leveyden ja paksuuden suhde. Murskattu ja hajalleen levitetty materiaali kuivuu nopeiten ja kaksi murskattua karhoa yhdistettynä yhdeksi karhoksi kuivuu hitaammin kuin murskaamaton ruoho niittokoneen jäljiltä olevassa karhossa. Rakenteeltaan paksu ja tiivis karho ei kuivu ilman pöyhimistä hyvissäkään sääolosuhteissa. /45/.

Nykyistä leveämpien karhojen käyttö olisi nopeamman kuivumistuloksen saamiseksi suotavaa, mutta karhojen leveyttä rajoittaa lähinnä traktoreiden kapea raideväli. Mikäli raideväliä olisi helppo ja nopea muuttaa viljelijä saisi koneestaan kussakin tilanteessa suurimman mahdollisen hyödyn. Vaihtoehtoisesti hinattavat tai nostolaitteeseen kiinnitettävät niittomurskaimet voidaan suunnitella siten, että kone levittää niitetyn materiaalin tasaiseksi kerrokseksi riittävän etäälle pystyssä olevasta kasvustosta. Tällöin kuivuminen tapahtuu nopeiten, mutta varisemistappiot ja käsittelykerrat lisääntyvät. Nykyaikaiset säilörehun korjuumenetelmät edellyttävä kuitenkin, että riittävä esikuivausaste saavutetaan nopeasti ja varmasti, jolloin normaalia suuremmat varisemistappiot saadaan takaisin nopeana korjuuna ja hyvälaatuisena rehuna, josta ei valu puristenesteitä ympäristöön. /21/.

KLINNERin mukaan tulevaisuuden rehunkorjuussa tulisi kehittää kolmea seikkaa:

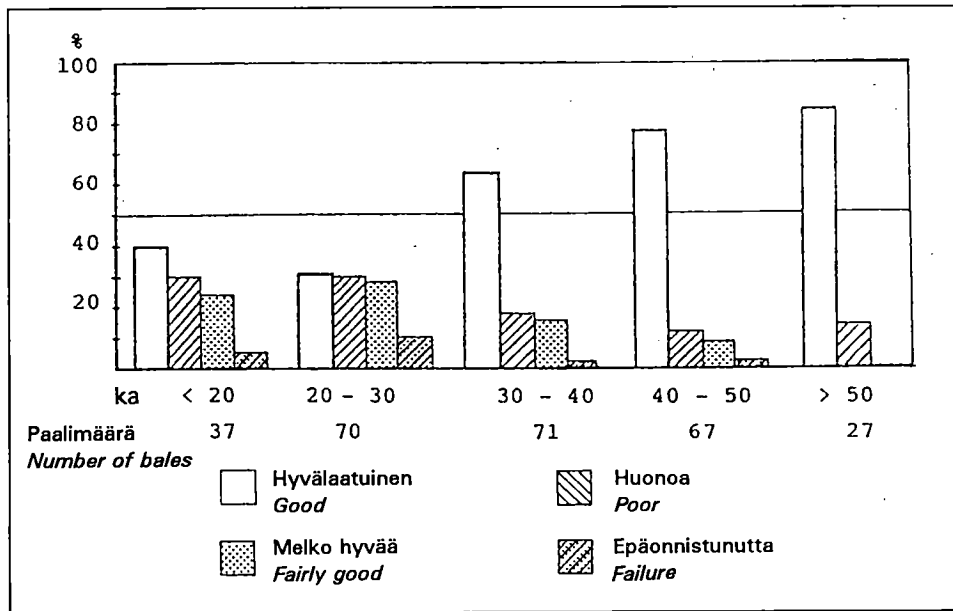
1. Työleveydeltään suurien niittomurskainten karho tulisi saada muodoltaan niin leveäksi kuin mahdollista tai sijoittaa kahteen erilliseen karhoon.
2. Murskauksen tehokkuutta tulee lisätä.
3. Esikuivaamatonta rehua korjattaessa tulee kehittää käytännöllisiä ja taloudellisia menetelmiä, joilla puristeneste saadaan kerätyksi talteen ja hyväksikäytetyksi. /21/.

### 1.3. Esikuivaus

Esikuivaus vaikuttaa sekä rehun fysikaalisiin että biokemiallisiin muutoksiin ja sillä on suora vaikutus paalin tiukkuuteen. Rehun kuivaessa esimerkiksi 50 %:n kuiva-ainepitoisuuden kaksinkertaistuu myös paalattavan säilörehupaalin tiukkuus, ja paalissa on 200-230 kg ka/m<sup>3</sup>. Suurempi kuiva-ainepitoisuus helpottaa paalausta, jolloin paaleista muodostuu säännöllisiä ja hyvin muotonsa säilyttäviä pitkänkin varastoinnin jälkeen. Lisäksi kuivempi rehu rasittaa paalainta huomattavasti vähemmän kuin puristemehua valuva märkä rehu. Märässä paalissa muodostuu helposti kondenssivettä muovikalvon sisäpinnalle lämpösäteilyn vaikutuksesta, jonka seurauksena haitallisia käymisiä (mm. voihappokäymistä) aiheuttavien mikrobien toiminta lisääntyy /25/. Kuiva-ainepitoisuudeltaan alle 40-prosenttisissa pyöröpaalisäilörehuissa on usein myös ollut runsaasti ammoniakkaa, mikä johtuu valkuaisen hajoamisesta. Mitä kuivempaa rehu on sitä vähemmän sokeria kuluu käymiseen. Sokerin runsas määrä parantaa rehun laatua.

Pyöröpaalisäilörehun valmistaminen kiedontamenetelmällä ei ole suositeltavaa, mikäli rehupaalin kuiva-ainepitoisuus on alle 25 %. Liian märkää paalia ei saada kiedontamenetelmää käyttäen riittävän ilmatiiviiksi ja muodostuva puristeneste pyrkii valumaan paalista ulos saastuttaen ympäristöä. /6/,/14/,/21/.

Pyöröpaalisäilörehun optimaalinen kuiva-ainepitoisuus on noin 45 %, jolloin 1,2 m • 1,2 m kokoisessa paalissa on noin 270-300 kg kuiva-ainetta, kun taas vastaavan kokoisessa niittotuoreessa paalissa on ainoastaan 130-150 kg. Riittävä esikuivaus vähentää käsiteltävien paalien lukumäärää ja säästää siten työntarpeessa sekä muovikustannuksissa ja vähentää rehun laadulle haitallisia virhekäymisiä (kuva 4) /25/. Liiallinen lyhyen ja lehtevän kasvuston esikuivaus lisää kuitenkin varisemistappioita /14/.



**Kuva 4.**

Pyöröpaalisäilörehun laatu eri kuiva-aineluokissa /20/.

**Figure 4.**

Quality of round bale silage in different dry matter classes /20/.

Esikuivattua säilörehua korjattaessa haittana ovat usein epävakaut sää. Yli 40 %:n kuiva-ainepitoisuuteen pääseminen vie, mm. luo'on paksuudesta ja alkukosteudesta riippuen, hyvälläkin säällä ja niittomurskaintakin käyttäen yleensä toista vuorokautta, ja huonoilla ilmoilla paljon enemmän. Myöhäiskesällä, jolloin pyöröpaalisäilörehua suositellaan mieluummin tehtäväksi, sää on usein viileä ja sateinen, ja 40 %:n kuiva-ainepitoisuuteen pääseminen ilman sadevaurioita on epävarmaa. Sateen uhatessa paalaaminen on aloitettava heti riippumatta karhon kuiva-ainepitoisuudesta, jotta sade ei pääsisi huuhtomaan luokoa /34/.

Niittoajankohta tulisi kuitenkin mahdollisuuksien mukaan valita niin, että sää sallii kuivumisen ainakin 28-30 %:n kuiva-ainepitoisuuteen eli puristenesterajaan. Tätä kosteampana paalatussa rehussa kerääntyy paalin alimpaan osaan liian paljon puristenesettä ja tiivistymisvettä. Tiivistymisvettä muodostuu kuivemmassakin pyöröpaalirehussa,

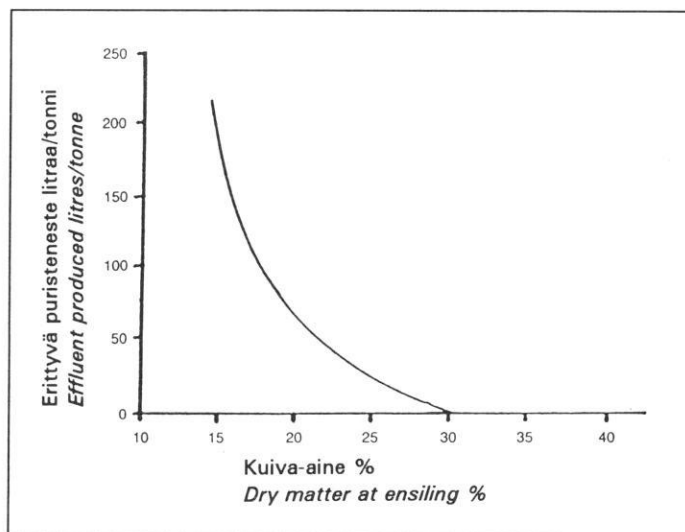
mutta vähemmän (kuva 5). Rehun ravinteet liukenevat nesteeseen, ja määstä pohjarehusta saattaa tulla voihappobakteerien kasvualusta. Puristenesterajaa kosteampina säilötyt pyöröpaalit myös jäätyvät ytimeen asti talvella ja ruokinta vaikeutuu. Paalit, joiden kuiva-ainepitoisuus on pienempi kuin 40 % ja suurempi kuin 50 %, on käytettävä ensiksi. /34/.

**Kuva 5.**

Rehun kuiva-ainepitoisuuden vaikutus puristenesteen muodostumiseen /46/.

**Figure 5.**

Effect of dry matter on effluent production /46/.

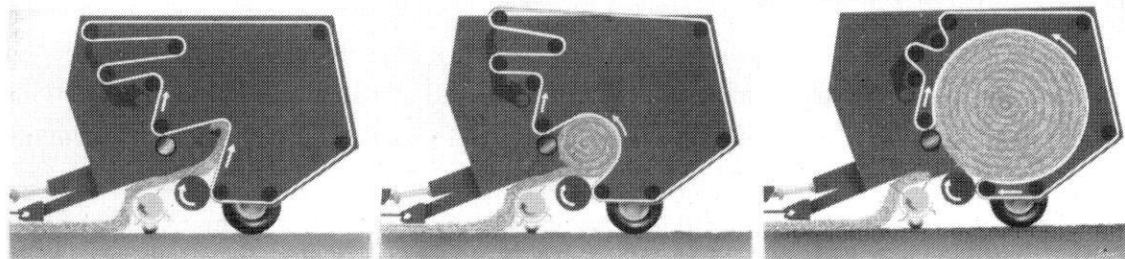


## 1.4. Pyöröpaalaimet

Pyöröpaalainten kehittelyä on tehostettu viime vuosina ja suurin osa nykyisistä kiinteä- ja muuttuvakammioisista paalaimista soveltuvat hyvin lyhyen tuorerehun korjuuseen. Eri paalainten tekemien paalien koko vaihtelee yhden metrin levyisistä ja 0,4 metriä halkaisijaltaan olevista paaleista aina 1,5 metriä leveisiin ja 1,8 metriä korkeisiin paaleihin. Säilörehun tekoon suositeltavin paalikoko on 1,2 m · 1,2 m, joka painaa noin 650 kg 30 %:n kuiva-ainepitoisuudessa. /14/.

### 1.4.1. Muuttuvakammioinen pyöröpaalain

Nimensä mukaan muuttuvakammioisen paalaimen paalikammion koko muuttuu yhdessä paalin halkaisijan kasvaessa (kuva 6).



**Kuva 6.** Muuttuvakammioisen pyöröpaalaimen toimintaperiaate /3/.

**Figure 6.** Variable chamber round baler /3/.

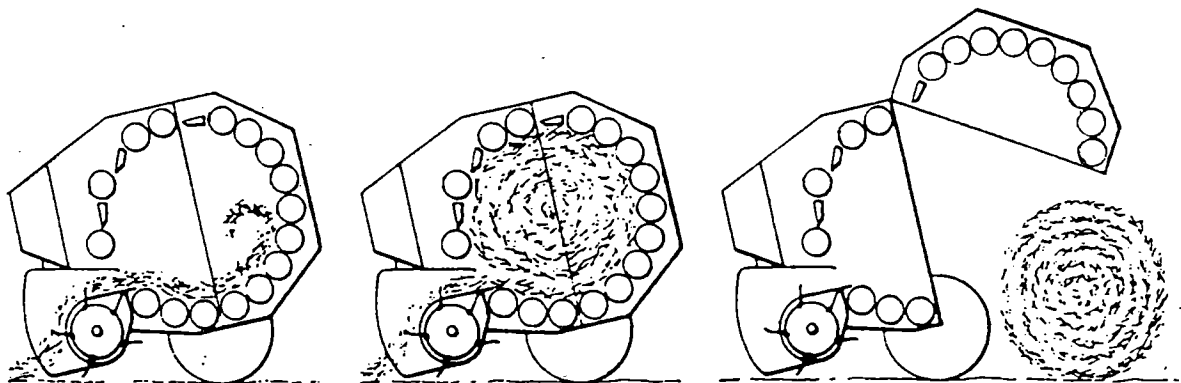
Paalikammio rakentuu joko yhtenäisistä kumihihnoista tai rullaketjusta, jotka alkavat muovata paalin ydintä yhdessä pyöritystelan kanssa melkein välittömästi rehun saapuesssa noukkimelta kammioon. Paalauksen jatkuessa rullaavat hihnat tai ketjut pyörittävät jatkuvasti uutta rehua ytimen ympärille samanaikaisesti, kun paalikammio laajenee

paalin koon kasvaessa. Paalaimen kuljettaja näkee paalikoon kehittymisen paalaimen päätyyn sijoitetulta asteikolta ja voi lopetta rehun syötön paalaimen, kun haluttu paalikoko on saavutettu. Haluttu paalikoko voidaan myös säätää paalaimen ennaltakäsin, jolloin automatiikka antaa joko ääni- tai valomerkin tai molemmat kuljettajalle merkiksi siitä, että haluttu paalikoko on saavutettu ja paali on valmis sidottavaksi. /14/.

Rakenteensa ansiosta muuttuvakammioinen paalain aikaansaa ytimestään saakka tiiviitä paaleja. Kumihihnat tai metalliketjut kiristetään joko mekaanisilla tai hydraulisilla jousilla tai näiden yhdistelmillä. Näin paalikammioon saatu paine puristaa sisääntulevan materiaalin ja kietoo sen sitä tiukemmalle, mitä suuremmaksi ketjua ja hihnoja kiristävien jousien jännitys on asetettu. /14/.

#### 1.4.2. Kiinteäkammioinen pyöröpaalain

Kiinteäkammioiset pyöröpaalaimet eroavat rakenteensa puolesta muuttuvakammioisista siinä, että paalia pyörittävät elementit: terästelat, kumihihnat tai näiden yhdistelmät on sijoitettu paalikammion ulkokehälle kiinteästi paikalleen eli tällöin paalikammio on kooltaan vakio eikä se muutu paalin halkaisijan kasvaessa (kuva 7).



**Kuva 7.** Kiinteäkammioisen pyöröpaalaimen toimintaperiaate /26/.

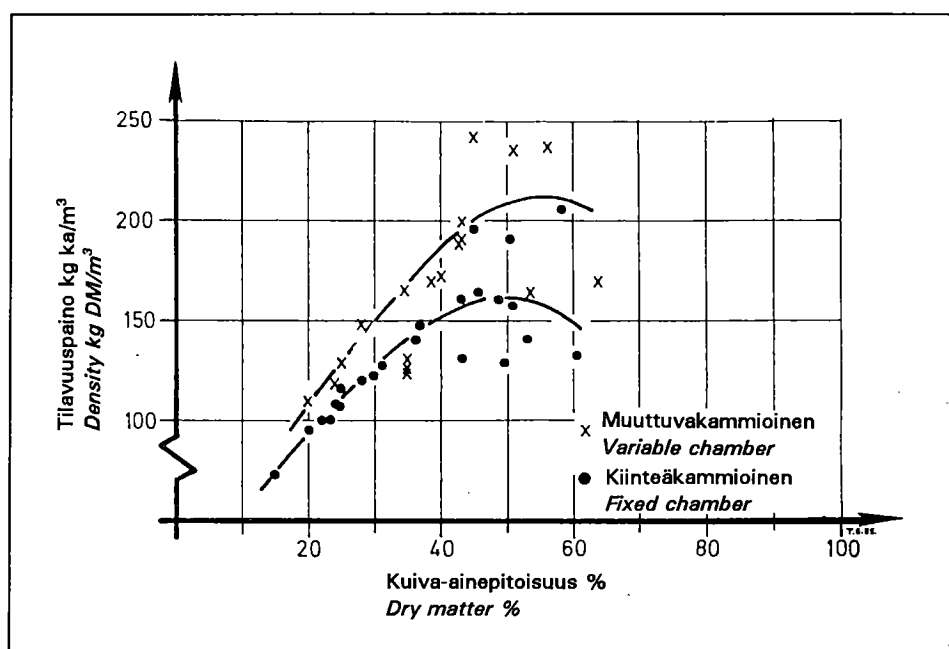
**Figure 7.** Fixed chamber round baler /26/.

Paalikammio täyttyy alkuvaiheessa epätasaisesti. Noukkimelta kammioon siirtynyt rehu alkaa pyöriä paalikammion pohjalla takakulmassa olevien paalia pyörittävien elementtien vaikutuksesta mätkähtävällä pyörimisliikkeellä. Pyörimisliike muuttuu sykkiväksi ja tiivistäväksi liikkeeksi, kun paalikammio on täyttynyt paalattavasta materiaalista niin paljon, että myös paalikammion yläkehällä olevat paalia pyörittävät elementit koskettavat paalattavaa materiaalia. Mitä enemmän rehua syötetään paalikammioon, sitä suuremmaksi kammiossa vallitseva paine nousee ja sitä tiiviimmäksi muodostuvan paalin ulkokerrokset puristuvat. Toimintaperiaatteensa vuoksi kiinteäkammioinen pyöröpaalain aikaansaa halkaisijaltaan aina samankokoisia paaleja, joiden ydin on löysempi kuin muuttuvakammioisella tehdyn paalin, mutta niiden tiukkuus kasvaa ulompiin kerroksiin mennessä päätyen erittäin tiiviiseen, säänkestävään ulkokerrokseen. /14/.

### 1.4.3. Paalintyyppien väliset erot

#### 1.4.3.1. Pyöröpaalien tilavuuspainojen erot

Muuttuvakammioisen pyöröpaalaimen etu kiinteäkammioiseen verrattuna on se, että samalla koneella voidaan paalata halkaisijaltaan eri kokoisia paaleja eri käyttötarkoituksiin. Muuttuvakammioinen paalain aikaansaa myös ytimestään saakka tiukan paalin, jolloin sen tilavuuspaino on korkeampi kuin kiinteäkammioisella tehdyn paalin (kuva 8). Muuttuvakammioiset paalaimet ovat kuitenkin tekniikaltaan ja rakenteeltaan huomattavasti monimutkaisempia kuin kiinteäkammioiset pyöröpaalaimet, jotka tuottavat aina vakiokokoisia paaleja /14/.



**Kuva 8.** Kiinteä- ja muuttuvakammioisilla pyöröpaalaimilla tehtyjen säilörehupaalien tilavuuspainot ( $\text{kg ka/m}^3$ ) ruohon eri kuiva-ainepitoisuuksissa /43/.

**Figure 8.** Density of bales made by fixed and variable chamber round balers at different dry matter contents /43/.

Säilörehun pyöröpaalauksessa muuttuvakammioinen paalain tekee tiukempia paaleja kuin kiinteäkammioinen pyöröpaalain. Kuitenkin tutkimusten mukaan paalintyyppi ei vaikuta säilörehun laatuun (taulukko 1) /14/. SKJERVHEIMin mukaan korkeammasta tilavuuspainosta saatava hyöty on lähinnä siinä, että muuttuvakammioisella paalaimella saadaan mahtumaan 10-20 % enemmän rehua yhteen paaliin, jolloin korjuu nopeutuu ja muovikustannukset pienenevät. Liian suuri ajonopeus vähentää kuitenkin paalin tilavuuspainoa /43/.

ADAS:in tekemän tutkimuksen mukaan paalin kuiva-aineen tilavuuspainon vaihtelut eivät vaikuttaneet rehun ravinnepitoisuuksiin. Varastointikaudella kuiva-ainetappiot olivat hyvin samansuuruisia eri paalintyypeillä huolimatta huomattavista eroista rehun kuiva-aineen tilavuuspainoissa /14/.

**Taulukko 1.** Paalintyyppin ja kuiva-ainepitoisuuden vaikutus säilörehupaalien tilavuuspainoon ja laatuun /14/.

**Table 1.** Effects of baler type and dry matter at baling on big bale silage characteristics /14/.

Paalain Baler	Kuiva-aine Dry matter %	Paalivilavuus Bale volume m <sup>3</sup>	Tiheys Density kg ka/m <sup>3</sup> kg DM/m <sup>3</sup>	Varastotappio Storage losses	
				Valkuaisen hajoaminen Protein break down %	Ka DM %
Muuttuva Variable chamber	36	1,36	140	8,8	2,6
Kiinteä Fixed chamber	37	1,74	122	7,8	5,9
Kiinteä Fixed chamber	36	1,50	126	8,3	5,9
Muuttuva Variable chamber	54	1,36	159	5,7	4,6
Kiinteä Fixed chamber	55	1,74	121	5,8	3,9
Kiinteä Fixed chamber	54	1,52	136	5,6	5,1

#### 1.4.3.2. Tehontarve

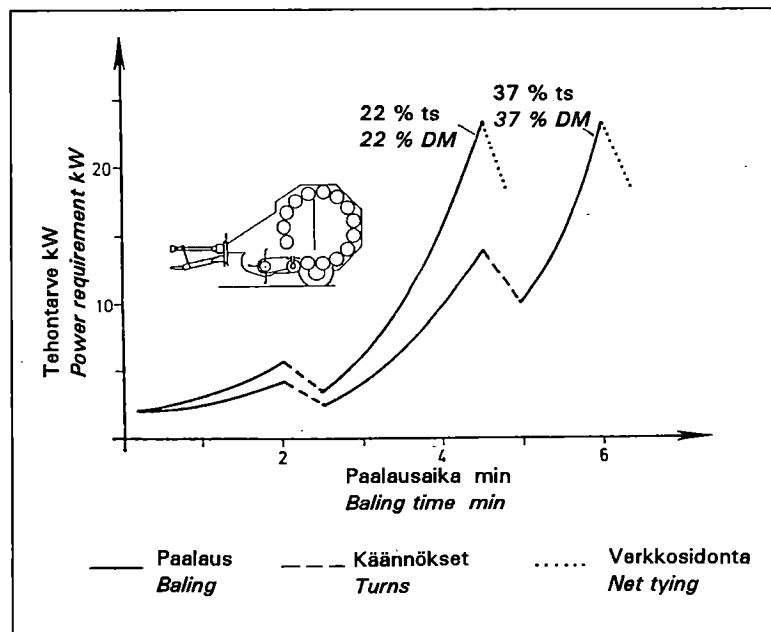
##### Kuva 9.

Kiinteäkammioisen pyöröpaalaimen tehontarve paalattaessa kuiva-ainepitoisuuden ollessa 22 % ja 37 %. /43/.

##### Figure 9.

Power requirement of a fixed chamber round baler, when baling grass with 22 % DM and 37 % DM /43/.

SKJERVHEIMin mukaan pyöröpaalaimen tehontarve on 18-33 kW ja vaihtelee valmistuvan paalin koon, paalaustiukkuuden ja paalattavan karhon paksuuden mukaan /43/.



Kiinteäkammioisen paalaimen tehontarve lisääntyy erilaisilla paalauksen aikana verrattuna muuttuvakammioiseen paalaimiin.

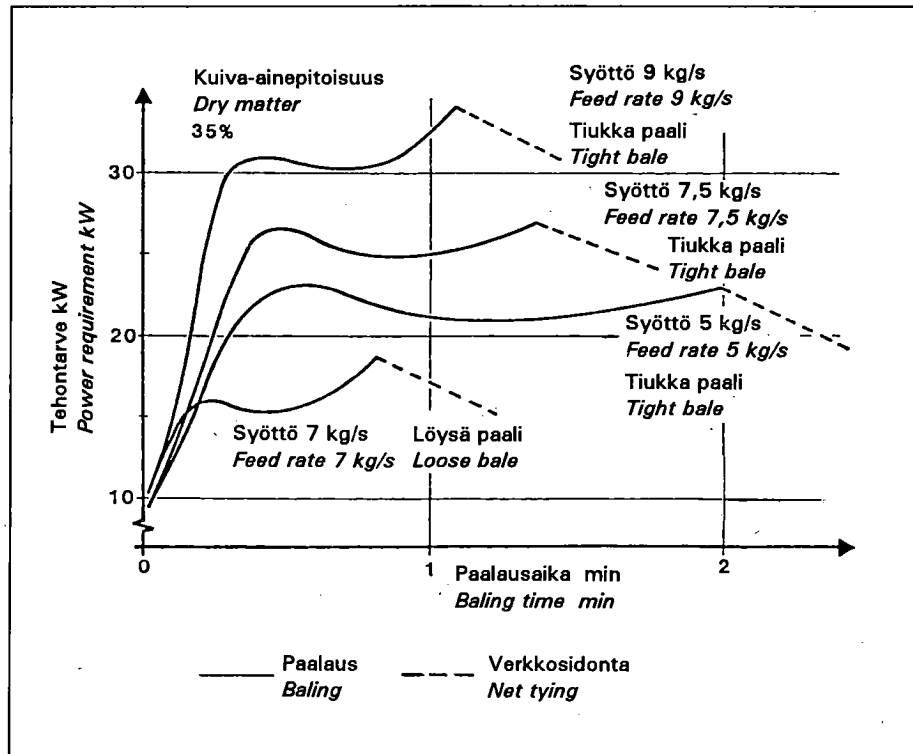
Kiinteäkammioisen pyöröpaalaimen tehontarve lisääntyy aluksi hitaasti paalikammion täyttymisen myötä. Paalin valmistuksen loppuvaiheessa tehontarve kasvaa nopeammin.

Karhon paksuuntuminen lisää voimakkaasti tehontarvetta, mutta maksimaalinen tehontarve ei nouse kiinteäkammioisella pyöröpaalaimella kuitenkaan kovin suureksi (kuva 9). /43/.

Muuttuvakammioisen pyöröpaalaimen tehontarve kohoaa jo paalauksen alkuvaiheessa nopeasti suureksi. Paalikkoon kasvaessa tehontarve vaihtelee alkutilanteesta vain vähän. Tehontarve vaihtelee paalaustiukkuuden ja karhon paksuuden mukaan (kuva 10). /43/.

**Kuva 10.**  
Muuttuvakammioisen pyöröpaalaimen tehontarve paalattaessa rehua, jonka kuiva-ainepitoisuus on 35 % /43/.

**Figure 10.**  
Power requirement of a variable chamber round baler, when baling grass with 35 % DM /43/.



#### 1.4.4. Pyöröpaalaimen tekniset parannukset

Alunperin pyöröpaalain oli kehitetty kuivan heinän ja oljen paalaukseen. Ensimmäisen sukupolven pyöröpaalaimet eivät soveltuneet säilörehun pyöröpaalaukseen. Nykyisten pyöröpaalainten teknisessä kehittämissä on kiinnitetty erityistä huomiota pyöröpaalaimen toimivuuteen myös säilörehun korjuussa. Erityisesti on pyritty parantamaan pyöröpaalaimen a) toimivuutta lyhyessä materiaalissa, b) toimivuutta määrässä rehussa, joka pyrkii tarttumaan paalausrulliin ja hihnoin, c) paalausnopeutta ja tehokkuutta ja d) paalaimen rakennetta, kehittämällä laakereita ja hihnoja, jotka rasittuvat voimakkaasti säilörehun paalauksessa /26/.

Pyöröpaalaimen toimivuutta lyhyen materiaalin paalauksessa on parannettu kehittämällä paalaimen noukinta. Kapeista noukkimista on siirrytty 195 cm leveisiin noukkiin, joissa on pieni noukinkelan halkaisija. Lähtökohtana leveän noukkimen käyttöön oli yhä suurempien leikkuupuimureiden jättämä leveä olkikarho. Halkaisijaltaan pienen noukinkelan ansiosta noukin ei pyöritä edellään paalattavaa materiaalia vaan siirtää myös lyhyen rehun sujuvasti paalausammioon, jossa paalin ytimen valmistus pääsee välittömästi käyntiin. Paalaushihnoihin ja -rulliin tehdyt parannukset ovat myös

helpottaneet lyhyen materiaalin paalausta, mutta ennenkaikkea ne ovat mahdollistaneet mären ja siten herkästi paalia pyörittäviin rulliin ja hihnoihin tarttuvan rehun paalauksen. /26/.

Jo ytimestään saakka tiukan paalin aikaansaamiseksi on tärkeää, että paalikammio on suunniteltu siten, että paalin ytimen rullaus käynnistyy välittömästi paalattavan materiaalin saapuessa paalikammioon. Muuttuvakammioisessa paalaimessa tämä on saatu aikaan siten, että paalaushihnat tai -ketjut muodostavat A-muotoisen ytimenmuodostuskammion noukkimen taakse. Kammion muotoilun ansiosta kammioon tullut rehu alkaa välittömästi pyöriä muodostaen tiiviin ytimen. Kiinteäkammioinen paalain ei saa aikaan yhtä tiukkaa ydintä kuin muuttuvakammioinen paalain, mutta huomattavaa parannusta siinäkin on saatu aikaan muotoilemalla paalikammio spiraaliksi täysin pyöreän kammion sijaan. Spiraalimainen paalikammio on saatu aikaan sijoittamalla kolme viimeistä paalausrullaa pyörimissuunnassa lähemmäksi ajateltua kammion keskipistettä. Tällöin noukkimen taakse, johon paalattava materiaali ensiksi syötetään, muodostuu ytimenmuodostuskammio, joka pakottaa paalattavan materiaalin pyörivään liikkeeseen paalin muodostuksen alkuvaiheessa. Paalikammion täytyessä spiraalimainen muotoilu tehostaa paalin pyöritystä ja syöttää kaiken noukkimelta tulevan materiaalin kohti paalin keskustaa parantaen paalin tiukkuutta jopa 20 % täysin pyöreään paalikammioon verrattuna. /26/.

Uusiin pyöröpaalaimiin on sijoitettu paljon automatiikkaa helpottamaan kuljettajan työskentelyä. Paalin tiukkuuden säätö on perinteisesti hoidettu joko mekaanisesti jousilla tai hydraulikalla tai näiden yhdistelmillä. Uusimpana sovellutuksena on pneumatiikan käyttö tähän tarkoitukseen. Gehlin pyöröpaalaimissa paalia pyörittävän hihnan jännitys säädetään ilmanpaineella paaliytimen muodostuksen ajaksi. Paaliytimen kasvettua ennaltsäädetyksi kokoiseksi hihnan jännitysaste ja siten paalin uloimpien kerrosten tiukkuus siirtyy hydraulisen paineen avulla säätäväksi. Tällä kaksivaiheisella paalin kiristymisen säädöllä (Total Density Control = TDC) saadaan paalin tiukkuus säädettyä optimaalisesti vastaamaan erilaisia rehumateriaaleja sekä korjuuolosuhteita. /26/.

Ford New Holland pyöröpaalaimissa käytetään myös pneumatiikkaa paalin tiukkuuden säätöön. Paineelloon säädetään haluttu ilmanpaine, joka vaikuttaa paalia pyörittävän ketjun jännitykseen jousen välityksellä, eli mitä suuremmalle painekellon ilmanpaine säädetään sitä tiukemmalle paalattavaa materiaalia vastaanottavaa ketjua kiristävä jousi jännittyy ja sitä tiukempia ja tiiviimpiä pyöröpaaleja syntyy. /26/.

Pyöröpaalaimen tehokkuutta rajoittavat eniten paalin sitomiseen ja paalikammion tyhjentämiseen kuluva aika. Perinteistä narusidontaa käytettäessä sidonta-aikaa on kyetty lyhentämään 20 % siirtymällä kaksoisnarusidontaan eli tällöin narun levitys aloitetaan samanaikaisesti paalin molemmista päistä. Verkkosidonnalla voidaan vähentää sitomiseen kuluva aika 30 % ja siten lisätä paalaimen tehokkuutta jopa 50 % perinteiseen yksivaiheiseen narusidontaan verrattuna /26/. Verkkosidonta parantaa paalin ulkopinnan säänkestävyyttä sekä erityisesti säilörehua paalattaessa pienentää paalin

käsittelyn aikana tapahtuvia varisemistappioita. Haittapuolena on narusidontaa suuremmat käyttökustannukset, sillä verkkosidonta tulee noin kaksi kertaa kalliimmaksi kuin narusidonta /14/.

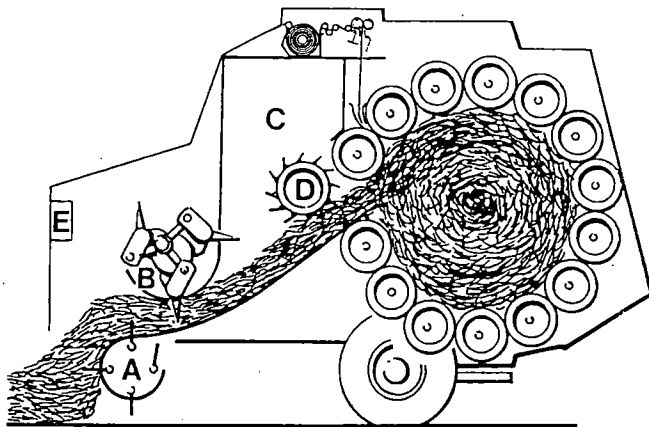
Paalin valmistukseen ja sidontaan kuluva aikoja on pystytty entisestäänkin lyhentämään ja samalla helpottamaan kuljettajan työskentelyä liittämällä pyöröpaalaimen eri toimintoihin automatiikkaa. Vermeerin pyöröpaalaimissa on automaattinen karhon ohjauslaite, joka ohjaa paalattavan materiaalin aina paalikammion sille laidalle, jossa on vähemmän materiaalia. Paalaimen kahdessa uloimmassa paalin pyöriyshihiässä on sensorit, jotka jatkuvasti mittaavat hihnojen jännitystilaa. Jännityksen suuruus riippuu hihnan kanssa kosketuksissa olevan materiaalin määrästä. Mikäli jännitys on suurempi toisella puolella olevassa hihnassa kuin toisessa, joka normaalisti aiheuttaa epämuotoisen ja löysän paalin, sensorit kytkevät sähköhydraulisesti hallitun systeemin päälle. Tällöin paalaimen ohjaussysteemi kytkeytyy toimintaan ja paalattava rehu ohjautuu automaattisesti paalikammion sille laidalle, jossa vallitsee pienempi hihnajännitys. Järjestelmän tuloksena saadaan säännöllisiä ja tasatiukkoja paaleja ilman, että kuljettajan tarvitsisi huolehtia noukinta kapeamman karhon tasaisesta syöttämisestä paalikammioon. /26/.

Useimmissa pyöröpaalaimissa myös paalin sidonta on muutettu automaattiseksi. Paalin valmistuttua summeri ilmoittaa, että paali on valmis sidottavaksi. Tällöin ajo pysäytetään ja sidonta käynnistyy automaattisesti. Sidonnan päätyttyä takaportti avautuu, joko käsikäyttöisesti ohjaamosta tai automaattisesti ja samalla paali pyörähtää ulos kammiosta ja vierii paalirataa pitkin kauemmaksi paalaimesta, jolloin takaportin sulkeutumiselle jää riittävästi tilaa ja paalaus voi jatkua ilman peruutusta. Kronen Mini-Stop systeemissä paalirataan on kytketty jousikuormitteinen levy, joka nousee välittömästi takaviistoon noin 30° kulmaan paalin kierähdettyä ulos kammiosta, estäen näin uutta rehua tippumasta avonaisesta takaluukusta ulos. Takaportin alareuna työntää sulkeutuessaan levyn eteen kertyneen rehun takaisin kammiioon, jossa paaliytimen muodostus voi normaalisti alkaa. Tämä systeemi sallii paalaimen liikkeelle lähdön jo ennen kuin takaportti on ehtinyt sulkeutua ja näin mahdollistaa lyhyen, noin 12-15 sekunnin pysähdysajan. /26/.

#### 1.4.4.1. Jatkuvatoiminen pyöröpaalain

Claas on kehittänyt kiinteäkammioisesta paalaimesta mallin, jolla voidaan paalata pysähtymättä (kuva 11). Perinteisillä paalaimillahan on välttämätöntä, että paalaus keskeytetään sidonnan ja paalikammion tyhjentämisen ajaksi. Jatkuvatoiminen paalain muodostuu kahdesta paalauskammiosta: esikammioista ja varsinaisesta paalauskammiosta, joiden välillä on syöttöpyörä.

Sidonnan alkaessa varsinaisessa paalauskammiossa, kammioiden välillä oleva syöttöpyörä pysähtyy ja paalattava rehu alkaa kerääntyä esikammioon. Kun paalin verkkosidonta on päättynyt ja paalin ulos työntämisen jälkeen takaluukku sulkeutunut, käynnistyy syöttöpyörä uudelleen ja syöttää sidonnan aikana esikammioon kertyneen



- A. Noukin *Pick-up*
- B. Sulloin *Rotary feeder system*
- C. Esikammio *Pre-bale chamber*
- D. Syöttöpyörä *Feed roller*
- E. Sähkö/hydrauliikan keskus  
*Electro/hydraulic control system*

**Kuva 11.**

Claas Rapide -jatkuvatoimisen pyöröpaalaimen toimintaperiaate /14/.

**Figure 11.**

*Claas Rapide non-stop baler /14/.*

rehun varsinaiseen paalausammioon, jossa paalaus jatkuu kuten perinteistä kiinteäkammioista paalainta käytettäessä. Kaikki jatkuvatoimisen paalaimen toiminnot tapahtuvat automaattisesti sähköhydrauliikan ohjaamana. Jatkuvatoimista paalainta käytettäessä on kyetty paalaamaan tunnin aikana 55 % enemmän paaleja kuin perinteistä narusidontaa käytettäessä ja 33 % enemmän paaleja kuin verkkosidontaa perinteisessä paalaimessa käytettäessä. /14/.

#### 1.4.4.2. Suorakaiteenmuotoisia paaleja tekevä suurpaalain

Säilörehua voidaan valmistaa myös suorakaiteen muotoisia paaleja tekevällä suurpaalaimella. Paalaimella voidaan valmistaa enintään 1,2 m korkeita, 1,2 m leveitä ja 2,4 m pitkiä suurpaaleja, mutta käytännössä yleisin käytetty paalikoko on 80 cm · 85 cm · 160 cm. Paalit ovat erittäin tiukkoja eli niiden kuutiopainot ovat korkeita ja niiden keräämisessä, pinoamisessa ja ruokinnassa tarvitaan aina mekaanista apulaitetta. Nykyiset suurpaalaimet ovat edeltäjiensä suurempia ja painavampia ja niitä vedetään traktorin kanssa samassa linjassa. Paalattava materiaali liikkuu nykyisissä malleissa lähinnä pysty- ja vaakasuunnassa kun se aikaisemmissa malleissa liikkui myös sivusuunnassa. Joissain malleissa on varusteena laite, joka kasaa paalatessa kaksi tai useampia paalia päällekkäin nopeuttaen näin paalien keruuta. /21/.

Suuren koon ja suorakaiteisen muotonsa ansiosta paalit soveltuvatkin hyvin kuljetukseen ja siten kauppatavaraksi esimerkiksi viljailoille /26/.

#### 1.4.4.3. Orkel-menetelmä

Norjalaisten kehittämä orkel-menetelmä on kiinteäkammioisen pyöröpaalaimen ja niittosilppurin yhdistelmä, jossa pyöröpaalain täytetään yläkautta niittosilppurin puhaltaessa rehun paalikammioon. Täten paalaimessa ei ole noukinta, vaan paalikammio on ylhäältä avoin (kuva 12).

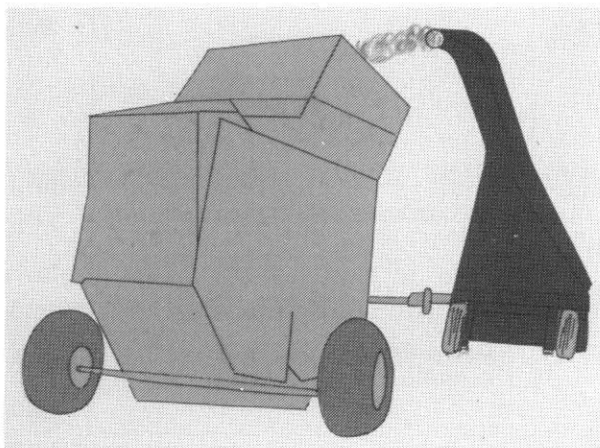
#### 1.4.4.4. Silppuava paalain

Paalin tiheyttä ja sen myötä rehun säilöntäedellytyksiä pyritään lisäämään liittämällä

noukinlaitteen yhteyteen silppuavat terät. Rehun silppuaminen helpottaa myös paalin purkamista.

**Kuva 12.**  
Norjalainen kelasilppurin ja pyöröpaalaimen yhdistelmä.

**Figure 12.**  
Norwegian combination of flail harvester and round baler (ORKEL).



## 1.5. Säilöntäaineet

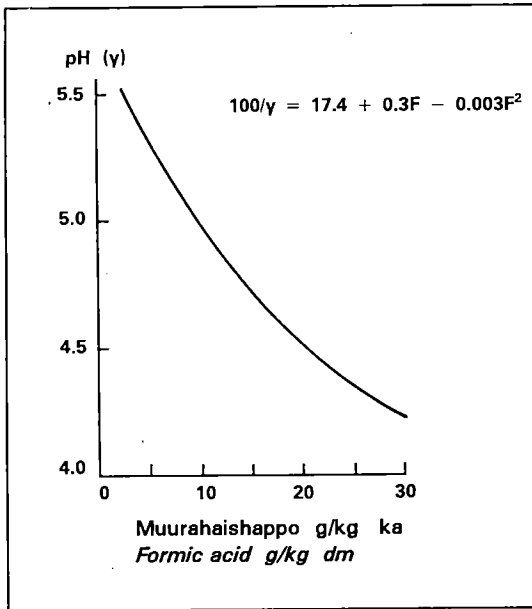
Perusedellytykset, jotta säilörehu säilyy laadullisesti moitteettomana ilman virhekäymisiä (ilmatiivis varastointi, tiivis rehukerros ja alhainen pH), ovat suhteellisen vaikeasti saavutettavissa valmistettaessa säilörehua pyöröpaalaimella. Ensimmäkin rehu joudutaan paalaamaan silppuamattomana, joka rajoittaa maitohappokäymiseen tarvittavien ravinteiden saantia. Toiseksi, murskattu ruoho paalataan pyöröpaaliin, jossa sitä ei saada kovin tiiviiksi ja lopuksi pyöröpaalin pintaan kiedottu polyeteenikalvo läpäisee aina jonkin verran ilmaa ja on erityisen herkkä mekaanisille vaurioille. Korkea pH, alhainen orgaanisten happojen pitoisuus ja hapen pääsy rehuun johtavat haitallisia virhekäymisiä aiheuttavien bakteerien kuten koli-, voihappo- ja listeriabakteerien määrän kasvuun /19/. Säilörehun laatua voidaan kuitenkin parantaa lisäämällä siihen säilöntäainetta /19/.

McDONALDin ym. mukaan säilöntäaineet voidaan jakaa viiteen pääryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat aineet lisäävät rehussa tapahtuvaa maitohappokäymistä ja toiseen ryhmään kuuluvat säilöntäaineet puolestaan vähentävät rehussa tapahtuvia käymisiä, joko osaksi tai kokonaan. Kolmannen ryhmän säilöntäaineita käytetään rehun säilöntään hapellisissa oloissa ja neljänteen ryhmään kuuluvat säilöntäaineet parantavat rehun ravintoainepitoisuuksia. Viidenteen ryhmään kuuluvia säilöntäaineita käytetään nestettä imevinä aineina kuiva-ainepitoisuudeltaan alhaisessa rehussa, jossa ne imevät muodostuvaa puristenestettä estäen ravinteiden huuhtoutumista ja ympäristön saastumista. /27/.

### 1.5.1. Orgaaniset hapot

#### 1.5.1.1. Muurahaishappo

Kunnollinen säilörehu on aina hapanta. Happoa joko lisätään tai sitä syntyy käymällä rehun sokereista. Muurahaishapolla lasketaan rehun pH niin alas, että haitalliset virhekäymiset estyvät. Nykyisiä AIV-liuoksia käytettäessä ei pyritä maitohappokäymisen täydelliseen estämiseen. Suositeltu annostus hillitsee kuitenkin maitohappokäymisen



**Kuva 13.**

Muurahaishapon vaikutus raiheinän happamuuteen /27/.

**Figure 13.**

The effect of level of formic acid on the pH of ryegrass macerates /27/.

niin kohtuulliseksi, ettei maitohapon määrä mitenkään haittaa maittavuutta, eikä toisaalta rehun sokereita käytetä yleensä loppuun (kuva 13). /30/.

Muurahaishapon vaikutus säilörehun kemialliseen koostumukseen riippuu rehun kuiva-ainepitoisuudesta, happomäärästä ja

rehukasvusta /27/. BARRYn ym. (Ref. McDONALD ym.) mukaan silppuamattomassa materiaalissa ainoastaan runsailla muurahaishappopitoisuuksilla saadaan aikaan tehokas säilöntäprosessi. Muurahaishapon lisääminen rehuun alentaa rehun maitto- ja etikkahappopitoisuuksia ja lisää rehun sokeri- ja valkuaispitoisuuksia. Kun muurahaishappoa lisätään hyvin sokeripitoiseen rehuun, joka normaalisti säilyisi vallitsevan maitohappokäymisenkin avulla, niin CARPINTEROn ym. (Ref. McDONALD ym.) mukaan se estää rehussa maitto- ja etikkahapon tuotannon ja säilöö sokereita. Rehun sokeripitoisuus saattaa tällöin nousta jopa korkeammaksi kuin se oli raaka-aineessa korjuuhetkellä, koska polysakkaridien hydrolyysia tapahtuu varastoinnin aikana. Muurahaishappo estää myös rehun valkuaisen hajoamista ja sen aikaansaaman säilöntäprosessin tehokkuus lisääntyy rehun kuiva-ainepitoisuuden kohoamisen myötä, joka voidaan todeta rehun liukoisten hiilihydraattien avulla. Muurahaishapolla on myös kasvien hengitystä vähentävä vaikutus, joka ilmenee rehumassan alhaisempana lämpötilana varastoinnin aikana. /27/.

Muurahaishapon käyttöä säilöntäaineena on rajoittanut sen voimakas syövyttävä sekä koneita ruostuttava vaikutus. Syövyttävyytensä lisäksi se saattaa aiheuttaa allergisia oireita joillekin rehun tekijöille. Myös kaasupitoisuus tietyissä työtilanteissa on lähennellyt sallittuja raja-arvoja. /35/.

### 1.5.1.2. Propionihappo

Propionihappoa on käytetty laajasti mikrobitoiminnan estämiseen kostean viljan haposäilönnässä ja nykyisin on myös huomattu, että se soveltuu aerobisen käymisen inhibiittoriksi säilörehun säilöntään. Haihtuvista rasvahapoista propionihappo ehkäisee parhaiten sienten kasvua ja se kontrolloi myös säilörehussa tapahtuvia käymisreaktioita. Tutkimuksissa on todettu, että propionihappo vähentää ammoniakkin muodostumista, laskee varastoidun rehumassan lämpötilaa ja kiihdyttää maitohappobakteerien kasvua

rehussa. Koska propionihappo on tehottomampi kuin muurahaishappo on epätodennäköistä, että propionihappo korvaisi vahvemman hapon taloudelliselta kannalta katsottuna. /27/.

### 1.5.1.3. Bentsoehappo

Bentsoehappoa ja sen suoloja käytetään yleisesti elintarvikkeiden säilöntään. Bentsoehappo ehkäisee tehokkaasti homeiden ja hiivojen kasvua sekä alkoholikäymistä, johon sen käyttö säilörehun säilöntäaineena perustuu /5/. Bentsoehapolla on pystytty estämään juurikassäilörehun alkoholikäyminen lähes kokonaan /5/. AROSEN ym. mukaan bentsoehapolla ei saada hyvissä olosuhteissa oleellisesti parempaa säilöntätulosta kuin muurahaishappoon pohjautuvilla säilöntäaineilla, vaikka huonommissa säilöntäolosuhteissa sen positiivinen vaikutus onkin ilmeinen /5/. Bentsoehapolla on edullinen vaikutus säilörehun syöntein ja eläinten kasvuun. WOOLFORDin (Ref. McDONALD ym.) mukaan bentsoehappo toimii kaikista tehokkaimmin, kun pH on alhainen /27/.

Muurahaishapon, propionihapon ja bentsoehapon seosliuoksen on todettu olevan tehokas pyöröpaalisäilörehussa esiintyviä sieniä ja bakteereja vastaan. Seoksella on kuitenkin erittäin voimakas haju, joka hankaloittaa sen käyttöä. /25/.

### 1.5.2. Biologiset säilöntäaineet

Biologiset säilöntäaineet muodostuvat maitohappobakteereista tai niiden entsyymeistä, ne eivät sisällä lainkaan happoja tai muita käytössä epämiellyttäviä aineita. Niillä pyritään varmistamaan rehun maitohappokäymistä, jonka määrä ja nopeus riippuu rehussa olevan käymiskykyisen sokerin pitoisuudesta, maitohappobakteerien lukumäärästä ja tyypistä sekä rehun hapettomuudesta. Biologisilla säilöntäaineilla yritetään vaikuttaa yhteen tai useampaan näistä osatekijöistä. Biologisia säilöntäaineita myydään joko jauheena pusseissa tai väkevöitynä liuoksena. Maitohappobakteerit tulevat hiukan halvemmiksi ja entsyymisäilöntäaineet hiukan kalliimmiksi kuin perinteiset happosäilöntäaineet rehutonna kohti laskettaessa. /12/.

#### 1.5.2.1. Maitohappobakteerisäilöntäaineet

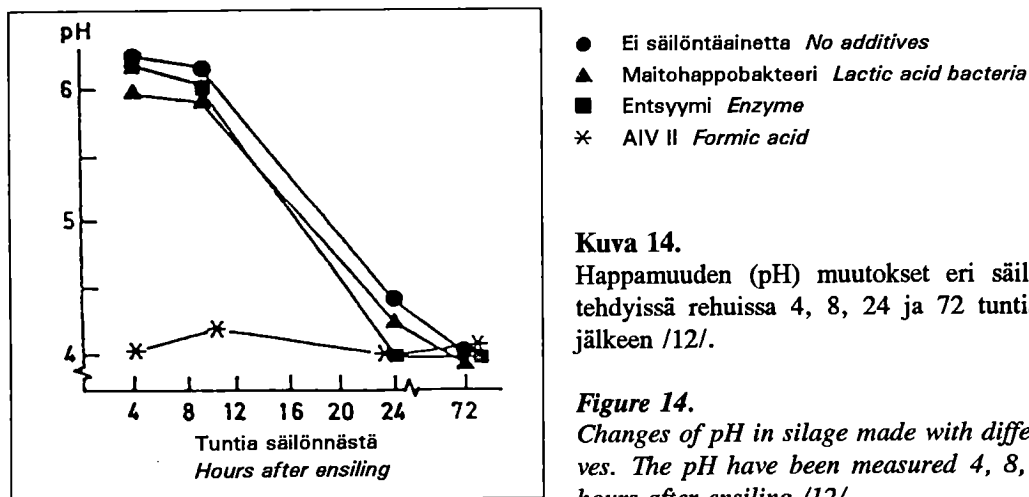
Yleisin ymppivalmisteissa käytetty maitohappobakteeri on *Lactobacillus plantarum*. Sen merkittävin etu alkuperäisiin bakteereihin tai heterofermentatiivisiin maitohappobakteereihin verrattuna on sen kyky pudottaa rehun pH:ta nopeasti, jolloin rehun ammoniakki- ja etikkahappopitoisuus jää alhaiseksi /27/. *Lactobacillus plantarum*in lisäksi valmis-teissa esiintyy usein jokin muu sokereista pelkästään maitohappoa muodostava eli homofermentatiivinen *Lactobacillus*-, *Pediococcus*- tai *Streptococcus*-laji. Näitä kaikkia esiintyy luonnostaan säilörehussa yhdessä erilaisten eli heterofermentatiivisten maitohappobakteerien kanssa. Nämä muodostavat aineenvaihdunnassaan sokereista myös muita tuotteita kuten etikkahappoa ja alkoholia, eikä niiden kasvu rehussa ole toivottavaa. Jotta maitohappobakteerivalmisteella olisi mahdollisuuksia vaikuttaa rehun säilönnän kulkuun, on bakteereja tutkimuksien mukaan lisättävä 1-10 miljoonaa kpl yhteen grammaan tuoretta rehua /12/.

### 1.5.2.2. Entsyymisäilöntäaineet

Entsyymit ovat valkuaisaineita, jotka vastaavat bakteri-, kasvi- ja eläinsolujen aineenvaihdunnasta. Säilöntäaineissa on käytetty entsyymeistä pääasiassa sellulaasia ja hemisellulaasia, jotka lisäävät käymiseen tarvittavien sokerien määrää sekä parantavat orgaanisen aineen sulavuutta /27/. Sellulaasi- ja hemisellulaasientsyymi hajottavat rehun kuituainesta käymiskykyisiksi sokereiksi. Maitohappobakteerit tai muut säilörehussa esiintyvät mikrobit eivät kykene hajottamaan kuitua sokereiksi, koska ne eivät sisällä kyseisiä entsyymejä. Kolmas käytetty entsyymityyppi on glukoosioksidaasi, jolla rehusta saadaan poistettua käymisen kannalta haitallista happea /12/.

### 1.5.3. Biologisten säilöntäaineiden vaikutus rehuun

Biologisilla säilöntäaineilla valmistetuissa rehuissa maitohappomäärä on hieman korkeampi kuin ilman säilöntäainetta valmistetussa rehuissa ja selvästi korkeampi kuin muurahaishapolla säilötyssä rehuissa. Näissä rehuissa tapahtuu enemmän etikka- ja voi happokäymistä ja valkuaisen hajoamista kuin happorehussa mutta vähemmän kuin säilöntäainetta tehdyssä rehuissa. Biologisilla säilöntäaineilla tehdyissä rehuissa maitohappo säilyy paremmin kuin ilman säilöntäainetta tehdyssä rehuissa, josta maitohappo suurimmaksi osaksi usein häviää säilönnän kuluessa /12/. Biologisilla säilöntäaineilla tehdyt rehut ovat myös pidemmälle käyneitä ja mahdollisesti vähemmän sokeria sisältäviä kuin hapoilla säilötyt rehut /35/. Biologisilla säilöntäaineilla ei saada laadultaan hyvää säilörehua kaikissa säilöntäolosuhteissa, koska virhekäymisten ja kasvin omien entsyymitoimintojen estämiseksi välttämätön pH:n aleneminen ei tapahdu riittävän nopeasti (kuva 14) /12/.



**Kuva 14.**

Happamuuden (pH) muutokset eri säilöntäaineilla tehdyissä rehuissa 4, 8, 24 ja 72 tuntia säilönnän jälkeen /12/.

**Figure 14.**

*Changes of pH in silage made with different additives. The pH have been measured 4, 8, 24 and 72 hours after ensiling /12/.*

MERENSALMEN (Ref. NUMMI) mukaan biologisilla säilöntäaineilla ei saada varmuudella hyvälaatuisia säilörehua kylmissä sääolosuhteissa /35/. Varsinkin syyssatoa korjattaessa tulisi käyttää maitohappobakteerien sijaan muurahaishappoa. LINGVALLin mukaan maitohappobakteereilla ja entsyymeillä on rehun hygienistä laatua parantava vaikutus, mutta useimmissa kokeissa niiden vaikutus on jäänyt kuitenkin merkityksettömäksi /25/. Kehittelyä tulisi kuitenkin jatkaa niiden käyttäjäystävällisyyden vuoksi.

RAURAMAAN ym. tutkimuksen mukaan maitohappobakteeri- ja entsyymilisäyksellä, AIV II:lla sekä ilman säilöntäainetta valmistetut rehut olivat kaikki aistinvaraisen arvion mukaan hyviä, mutta kemialliset tulokset osoittivat pieniä eroja käymisten määrissä maitohappobakteeri- ja entsyymilisäyksellä sekä ilman säilöntäainetta valmistetuissa rehuissa /40/. Kuitenkin maitohappo-bakteerilisäys ja sellulaasikäsittely paransivat käymisten laatua. Laatu parani edelleen käytettäessä AIV II -liuosta. Tämä ilmeni selvästi pH-arvosta, sokeri- ja ammoniakkipitoisuudesta, puskurikapasiteetista, lämpötilasta ja lopulta rehun paremmasta orgaanisen aineen sulavuudesta.

RAURAMAAN ym. mukaan säilönnän alkuvaiheessa lisääntyvät lähinnä koliryhmän bakteerit ja maitohappobakteerit /41/. Maitohappobakteerien lisäys rehumassaan vähentää koliryhmän bakteerien kasvua verrattaessa tätä rehua ilman säilöntäainetta ja sellulaasilisäyksellä valmistettuun rehuun. AIV II -liuos hillitsee kaikkia käymisiä ja suosii homofermentatiivisia maitohappobakteereita. Eniten hiivoja esiintyy sellulaasilla ja maitohappobakteerilisäyksellä valmistetuissa rehuissa.

#### 1.5.4. Säilöntäaineiden käytön tarpeellisuus pyöröpaalisäilörehussa

Suomessa säilöntäaineiden käyttö on yleensä aina välttämätöntä. Jos on varmaa, että luo'on kuiva-ainepitoisuus on lähes 50 % lohkon ja karhon joka kohdassa, voidaan säilöntäaine jättää pois /34/. PEDERSENin ja EGGENin (Ref. PELTOLA) mukaan yli 50 %:n kuiva-ainepitoisuus aiheuttaa kuitenkin ongelmia lisääntyneen homeutumisvaaran myötä /38/. Tämä johtuu siitä, että kuivaa rehua on vaikea saada pyöröpaalaimella tiiviiksi, jolloin paaliin jää runsaasti ilmaa. Lisäksi korkea kuiva-ainepitoisuus vaikeuttaa sokereiden hajoamista maitohapoksi. LINGVALLin mukaan pyöröpaalisäilörehussa tulee käyttää säilöntäainetta ainakin kuiva-ainepitoisuudeltaan alle 40 %:n paaleissa /25/. LINDBERGIN, JONSSONin ym., LINGVALLin ym. mukaan säilöntäaineiden käytöllä on saavutettu positiivisia tuloksia voihappobakteereja vastaan /25/. HELMISEN mukaan muissa kuin happoon perustuvissa säilöntämenetelmissä voihappokäymisen uhka on ilmeinen /13/. Hapottamaton rehu lämpenee helposti ja virhekkäymisen vaara kasvaa entisestään.

JONSSONin ym. tekemän tutkimuksen mukaan säilörehun pyöröpaalauksessa riittävä esikuivaus ja säilöntäaineiden käyttö parantaa säilörehun laatua /19/. Esikuivaus ja säilöntäaineet (muurahaishappo ja maitohappobakteerit) alensivat rehun pH:ta sekä ammoniakki-, amiini-, voihappo- ja klostridi-itiöpitoisuuksia. Säilöntäaineista maitohappobakteerien lisäys vaikutti selvästi tehokkaammin kuin muurahaishapon käyttö. Sen avulla saatiin huomattavasti alhaisempi pH, suurempi orgaanisten happojen pitoisuus ja vähäisempi pintahomeen määrä kuin muurahaishapolla. PELTOLAN mukaan huolellisella rehun valmistuksella voidaan saada pyöröpaalaimella hyvää rehua myös ilman säilöntäainetta /38/. Säilöntäaineiden käyttö kuitenkin parantaa rehun säilymisedellytyksiä.

PAYLYN tekemässä säilöntäaineiden vertailukokeessa muurahaishappo- tai propionihappopohjaiset säilöntäaineet tuottivat parhaan säilöntätuloksen verrattuna ilman

säilöntäainetta tai biologisia säilöntäaineita käyttäen tehtyihin pyöröpaalisäilörehuihin /37/. Tulos oli samansuuntainen kuiva-ainepitoisuuden ollessa sekä 30 % että 50 %. Ilman säilöntäainetta ja biologisia säilöntäaineita käytettäessä rehujen kemiallisessa koostumuksessa ei ollut suuria eroja, mutta 30 %:n ka-pitoisuudessa voi happobakteeritiöitä oli biologisilla säilöntäaineilla valmistetuissa rehuissa huomattavasti enemmän.

#### 1.5.5. Säilöntäaineiden annostus

Toimivan hapotussysteemin tunnusmerkkejä ovat hyvä levitystasaisuus, pienet tappiot, varmatoimisuus, helppokäyttöisyys ja työturvallisuus. Pyöröpaalaimessa säilöntäaine ruiskutetaan tavallisesti kahdella kimmosuuttimella noukkimelle, missä rehuvirta on ohuimmillaan. Hapotinlaitteena käytetään joko pumppu- tai kompressorihapotinta. Pyöröpaalaimissa säilöntäainesuihku on altis sivutuulelle, jonka vuoksi suuttimet tulee sijoittaa suojaan koneen rakenteisiin. /33/.

Noukkimelle sumutettavan säilöntäaineen suuttimella tulee olla hyvä levityskuvio, sopiva tuotto ja suuri pisarakoko pienellä paineella tuulikulkeuman pienentämiseksi. Vaahto- ja laajakajaistasuuttimiin verrattuna kimmosuutin on levitystasaisuudeltaan paras. Mikään suuttimista ei kuitenkaan täytä kaikkia vaatimuksia. /33/.

Paksu karho ja suuri ajonopeus aiheuttavat säilöntäaineen epätasaisen levittymisen rehumassaan. Lisäksi esikuivatussa rehussa säilöntäaineen tasoittuminen levityksen jälkeen on vähäistä. Käytettäessä pyöröpaalainta kenttäkokeessa oli hapotustasaisuus hyvä ja levitystappio pieni /33/. JOKI-TOKOLAN mukaan kuiva-ainepitoisuuden kohoamisen myötä lisääntyy myös säilöntäaineen kulutus, koska säilöntäaineen ruiskutusmäärää on käytännössä vaikea säätää vastaamaan rehun kuiva-ainepitoisuutta /16/. Hapottimen toiminta tulisikin perustua paalaimen tulevan rehuvirran kuiva-ainemäärään.

#### 1.6. Kiedontalaitteet

Suosituin malli pyöröpaalien kiedontaan on laite, jossa kiedottava paali asetetaan pyöriyshihnoilla tai -teloilla varustetun pöydän päälle. Pyöriyshihnat ja -telat pyörittävät sylinterimäistä paalia pituusakselinsa ympäri. Kiedontamuovi levitetään joko niin, että muovirulla kiinnitetään paikallaan pysyvään pidikkeeseen ja pöytää pyöritetään vaakatasossa ympäri (kuva 15) tai niin, että pöytä pysyy paikallaan mutta muovirulla on asetettu kiedontapuomiin, joka puolestaan pyörii paalin ympäri (kuva 16). Ensimmäisessä menetelmässä muovin limitsaste säädetään paalin pyöriystelosten ja pöydän pyörimisnopeuksien suhdetta muuttamalla ja toisessa menetelmässä muovin limitsaste säädetään paalin pyöriyshihnojen ja kiedontapuomin pyörimisnopeuksien suhdetta muuttamalla /6/.

Muovin esikiristys suoritetaan molemmissa malleissa kahden kumitelan avulla. Esikiristyksen säätö tapahtuu näiden telosten pyörimisnopeuksien välistä suhdetta muuttamalla /4/.

Kiedontalaitteet ovat joko traktorin nostolaitteeseen kiinnitettäviä tai hinattavia. Hinattavissa malleissa on yleensä vakiona tai lisävarusteena kuormausvarsi, jolla paali

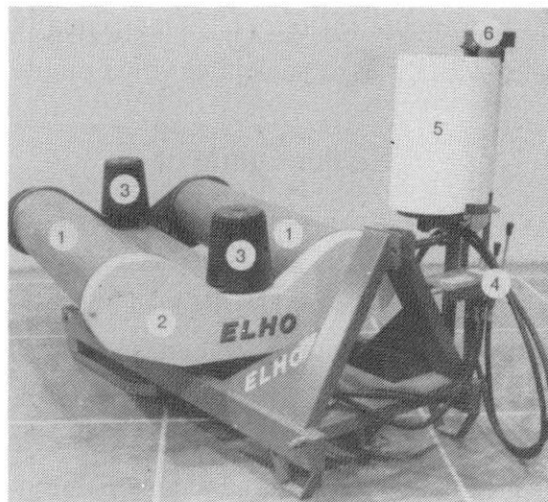
1. Pyöritystelat *Rolls on which the bale rotates*
2. Pyörityspöytä *Turntable*
3. Muovirullatopparit *Gable rolls*
4. Hydrauliventtiilistö *Levers for hydraulic*
5. Muovirullateline *Stretch film holder*
6. Esikiristystelojen hammaspyörät *Gear-wheels of film pre-stretcher*

**Kuva 15.**

Elho-Pak -kiedontalaite /4/.

**Figure 15.**

Elho-Pak wrapping machine /4/.



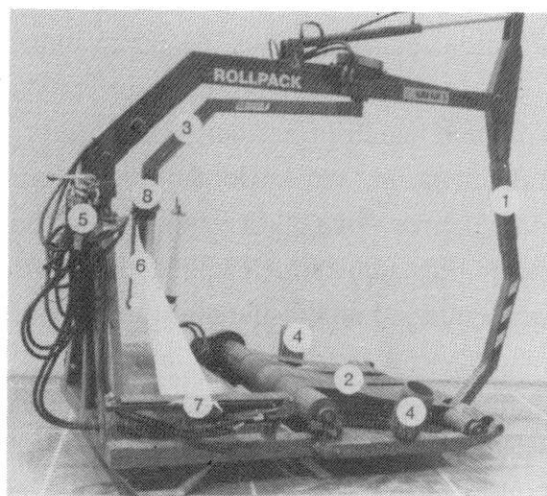
1. Kuormausvarsi *Bale loading arm*
2. Pyörityshihnat *Belts on which the bale rotates*
3. Kiedontapuomi *Wrapping arm*
4. Teräsrollatopparit *Gable rolls*
5. Hydrauliventtiilistö *Levers for hydraulics*
6. Muovirullateline *Stretch film holder*
7. Muovin katkaisulaite *Electric stretch film cutler*
8. Esikiristystelojen variaattori *V-belt variator of film pre-stretcher*

**Kuva 16.**

Rollpack -kiedontalaite /4/.

**Figure 16.**

Rollpack wrapping machine /4/.



voidaan nostaa kiedontalaitteen pöydän päälle, jolloin erillistä kuormaustraktoria ei tarvita /6/.

Useimmat kiedontalaitteet ovat varustettuja käärinnän aloitus- ja lopetusautomaattilla, jolloin koko työvaiheen voi tehdä yksi henkilö poistumatta traktorin ohjaamosta. Uusimmat kiedontalaitteet kykenevät myös kietomaan muodoltaan epäsäännölliset paalit. Paalit voidaan kietoa pellolla ja kuljettaa sekä varastoida myöhemmin, jolloin säästetään työvoimakustannuksissa. /6/.

Toinen suosittu menetelmä pyöröpaalien kiedontaan on Tube Line -menetelmä, jolla paaleja ei kiedota yksitellen vaan pyöröpaalit kiedotaan pinnan mukaisesti yhtenäiseksi pötköksi /6/. Paali sijoitetaan koneen syöttöpöydälle, joka työntää paalia sen akselin suuntaisesti ja siirtää sitä pyörivän kehän läpi, jossa on kalvorulla. Paali etenee kahden hydraulisylinterin painamana kietojaan ja siirtää samalla konetta eteenpäin, jolloin laite liikkuu itseksen pitkin varastointipaikkaa muodostaen pitkää paalimakkaraa. Muovin tiukkuutta säädetään muovikelan pyörimisnopeutta muuttamalla. Paalipötkön ensimmäiseen ja viimeiseen paaliin vedetään muovihuppu. Tube-Line -systemi säästää muovikuluissa verrattuna kauttaaltaan kietoviin laitteisiin, koska päätyihin ei tarvita monia kerroksia muovia. Myöskään erimuotoiset paalit eivät vaikuta laitteen toimintoihin

eivätkä muuta säätöjä /1/. Yhtenäinen paalijono on kuitenkin hankala varastoida tilaa säästävasti, koska paaleja ei voida pinota päällekkäin /6/.

### 1.7. Kiedontamuovit

Kotimaassa myytävän kiedontamuovikalvon leveys on 500 mm , paksuus 0,025 mm ja pituus 1800 m. Esikiristettäessä kiedontamuovikalvon paksuus ohenee noin 35-40 % ja leveys kapenee noin 20 % kiedontavaiheen aikana. Muovikerroksia tulee laittaa niin paljon, että saavutetaan vähintään 0,06-0,07 mm:n muovikerrospaksuus paalin pinnalle /44/.

Kiedontamuovit valmistetaan polyeteenistä, johon lisätään eräitä lisäaineita kuten UV-suoja-ainetta ja liima-aineita haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Kiedontamuovikalvot rakentuvat yhdestä tai useammasta muovikerroksesta (tavallisesti 1-3) ja ne valmistetaan puhallus- tai pintavalumenetelmällä /44/.

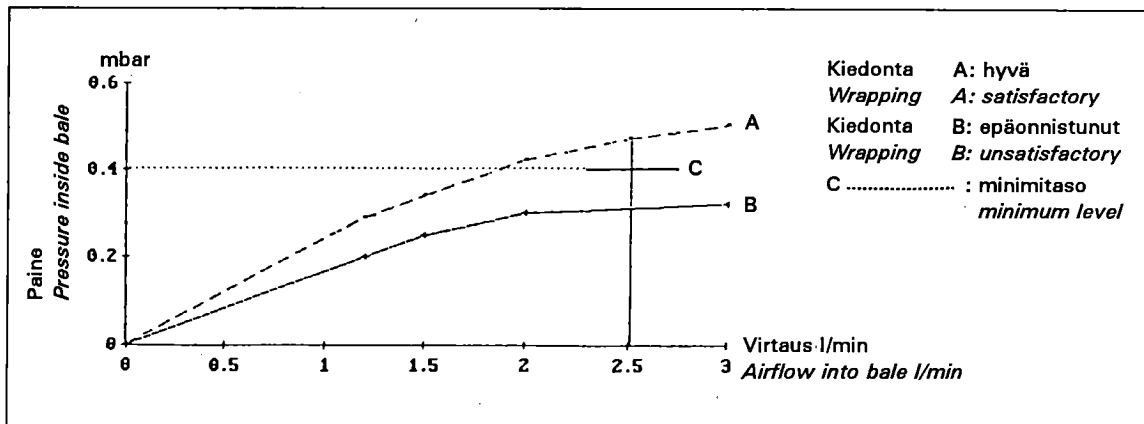
Kiedontamuovikalvon laatu on ratkaiseva rehun laadulle ja säilyvyydelle, mikä vaikuttaa edelleen esimerkiksi juuston valmistukseen käytettävän maidon laatuun. Tavoitena on, että kiedontamuovilla saadaan säilörehupaalin ympärille riittävän tiivis muovikerros, joka takaa rehulle laadullisesti moitteettoman säilymisen mahdollisimman pienin kustannuksin. Tämä edellyttää hyvälaatuisen muovin lisäksi myös erityistä tarkkuutta ja huolellisuutta paalien kiedontavaiheessa, mm. riittävää kerrospaksuutta ja vähintään 50 %:n limitystä. /44/.

Keskeisiä muovikalvolle asetettavia vaatimuksia ovat kalvon lujuus, pieni hapenläpäisevyys, ultraviolettisäteilyn kesto ja hyvä liimautuvuus. Viljelijöiden havaitsemat vauriot ovat olleet kalvon reikäisyys ja hajoaminen. Joissakin tapauksissa ehjistä rullasta levitetyn kalvon paksuus on vaihdellut niin paljon, että kalvo on rikkoutunut ohuimmista kohdista lyhyessä ajassa.

Hyvä lujuus mekaanista rasitusta vastaan on tärkeä ominaisuus sekä kiedonta- ja käsittelyvaiheessa että varastoinnissa /44/. Ultraviolettisäteilyn kesto on tärkeä ominaisuus ja korostuu pitkäaikaisvarastoinnissa, koska kalvo voi olla alttiina auringonvalolle. Mahdollisimman vähäinen kaasun läpäisevyys korostuu nimenomaan säilörehupaaleja varastoitaessa, koska paalin pintaosan rehumäärä on suhteellisen suuri verrattuna paalin kokonaispainoon. Pyöröpaaleissa pintaosan rehua on suhteessa huomattavasti enemmän kuin laakasäilöön varastoidussa rehusa. Kalvon hyvä liimautuvuus yhdessä alhaisen kaasun läpäisevyyden kanssa estää rehun virhekäymisiä ja homehtumisriskiä. Kiedontamuovien ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa raaka-aineiden sekä lisäaineiden valinnalla ja annostelulla muovin valmistusprosessin aikana /44/.

Kiedontamuovien paksuus ei sinänsä ole mikään laatukriteeri mutta se vaikuttaa suoraan muovikalvon lujuuteen ja hapenläpäisyyseen. Useimmat valmistajat ilmoittavat kalvon paksuudeksi 0,025 mm mutta todellisuudessa se vaihtelee 0,021 ja 0,026 mm:n välillä. /44/.

Ranskalaiset ovat kehittäneet koemenetelmän kiedonnan muovituksen onnistumisen määrittämiseksi, jossa kiedottuun koepaaliin johdetaan ilmaa tietty määrä ja samalla



**Kuva 17.**

Kiedonnan muovituksen laatu /8/.

**Figure 17.**

French method of testing tightness of wrapping by pumping air into wrapped bales /8/.

mitataan paineen muutosta paalissa (kuva 17). Hyvän muovin ja hyvin kiedotun paalin täytyy saavuttaa vähintään 40 Pa ylipaine ilmavirtauksen ollessa 2,5 l/min. /8/.

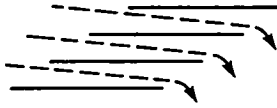
Myös kiedontamuovien väri vaikuttaa epäsuorasti paalattun rehun säilyvyyteen paalissa vallitsevan lämpötilan kautta. Värjäämätön, läpinäkyvä muovi läpäisee hyvin auringon lämpösäteilyä ja siten paalin sisälämpötila nousee korkeaksi ja korkea sisälämpötila puolestaan edesauttaa haitallisia virheikäymisiä. Paras kiedontamuovien väri vaihtoehto on valkoinen, koska sillä saavutetaan noin 10 °C alhaisempi paalin sisälämpötila kuin jos väri on musta. Valkoinen kiedontamuovi estää haitallista voihappokäymistä paremmin kuin muut väri vaihtoehdot ja näin pinta- ja varastointitapit pienentyvät. /25/.

## 1.8. Kiedontamenetelmä

Kiedonnan päätarkoituksena on estää ilman pääsy paalattuun rehuun. Jotta haitalliset käymisreaktiot eivät ehtisi käynnistyä, tulee rehupaali kietoa muovikalvoon 12 tunnin sisällä paalauksesta /14/. HJELLSTRÖMin (Ref. GULLANDER) mielestä pyöröpaalien kiedonta tulisi kuitenkin suorittaa kahden tunnin kuluessa paalauksesta /9/.

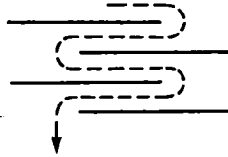
Kiedonta aloitetaan sitomalla kalvon pää naruun tai muoviverkkoon. Kalvokerrokset liimautuvat toisiinsa kiinni, koska kalvon sisäpuoli on tahmea. Kiedonnan päätteeksi kalvo katkaistaan puukolla tai automaattisesti lämpövastuksella. Poistettaessa kiedottu paali kiedontalaitteesta kippaamalla on syytä käyttää alustana mattoa tai levyä, etteivät sänki tai kivet tms. pääse rikkomaan muovia. /34/.

50 %:n limityksellä kalvo kääritään puoliksi edellisen kalvon päälle, jolloin saadaan tehokas suoja vettä vastaan, joka tuulen vaikutuksesta pyrkii tunkeutumaan paalin sisään. 75 %:n limitys sallii huomattavasti helpomman tien veden pääsulle paaliin (kuva 18) /2/. Kevätsatoa tehtäessä suositellaan 2+2+2=6 muovikerrosta 50 %:n limitystä käytettäessä ja kesä- ja syyssatoon riittänee 2+2=4 muovikerrosta /9/.



1 x 4 kerrosta  
1 x 4 layers  
75 % limitys  
75 % overlap

Paali pyörähtänyt puoli kierrosta  
vaaka-akselinsa ympäri.  
*The bale has rotated a half round  
around its horizontal axle.*



2 x 2 kerrosta  
2 x 2 layers  
50 % limitys  
50 % overlap

Paali pyörähtänyt yhden kierroksen  
vaaka-akselinsa ympäri.  
*The bale has rotated one round  
around its horizontal axle.*

**Kuva 18.**  
Kaksi erilaista muovin limitysta-  
paa /2/.

**Figure 18.**  
*Two different overlapping meth-  
ods when wrapping /2/.*

## 1.9. Varastointimenetelmä

Pyöröpaalien varastointi on hyvin joustavaa, sillä laadultaan huonoimmat paalit voidaan varastoida erilleen ja syöttää tietyssä aikana tietyille eläimille. Paalipinot voidaan sijoittaa kuiville ja suojaisille alueille mahdollisimman lähelle tuotantorakennuksia, jolloin paalien kuljetusmatkat ruokintapöydälle jäävät mahdollisimman lyhyiksi talvisissa olosuhteissa. Varastointipaikka tulisi valita mahdollisuuksien mukaan siten, että se antaisi edes hiukan luonnollista suojaa vallitsevia sääoloja vastaan. Varastointipaikan ehdoton edellytys on kova ja helposti vettä läpäisevä pohja, jolloin suurikin paalipino voidaan purkaa vaikeuksitta talvisissa olosuhteissa. Kova pohja ehkäisee myös myyrien aiheuttamia tuhoja paalien alimmille kerroksille. /7/.

Säilörehupaalien varastointipaikan pohjalle tulee 15-20 cm:n sepelikerros, joka tiivistetään huolellisesti raskaalla tai täryttävällä jyrällä. Jyräyksen jälkeen pintaan levitetään ohut hiekkakerros, joka vielä jyrätään kertaalleen, jotta kaikki kiedontamuovia mahdollisesti vaurioittavat terävät kivensärmät yms. saadaan eliminoitua pois. Betonipohja ei ole välttämätön säilörehupaalien varastoinnissa mutta ehdottomasti paras, mikäli sellainen vain on tilalla käytettävissä. /7/.

Tilalla on perusteltua olla useampi kuin yksi säilörehupaalien varastointipaikka, koska säilörehun laatu vaihtelee eri korjuuajankohtina ja tällöin laadultaan erilaiset paalit voidaan varastoida eri paikkaan ja syöttää haluttuna aikana tietyille eläimille /7/.

Pyöröpaalien pinoaminen edellyttää työntekijältään tarkkaa silmää ja hyvää kuormaimen käsittelytaitoa. Täsmällisesti limitetyt ja tiiviisti toisiaan vasten pinotut pyöröpaalit takaavat tukevan ja mahdollisimman vähän tilaa vievän kasan. Säilörehupaalien pinoamiskorkeus riippuu rehun kuiva-ainepitoisuudesta. Paalit, joiden kuiva-ainepitoisuus on alle 25 %, tulee varastoida ainoastaan yhteen kerrokseen, koska ne sisältävät puristenestettä ja päällekkäin pinottaessa puristeneste saattaa valua ulos paaleista aiheuttaen mm. ympäristöongelmia. Säilörehupaalit, joiden kuiva-ainepitoisuus on 25-35 %, voidaan turvallisesti pinota kahteen kerrokseen. Kolmeen kerrokseen paalit voidaan pinota, kun niiden kuiva-ainepitoisuus on 35-45 % ja kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 45 % pyöröpaalit voidaan pinota neljään tai useampaan kerrokseen. /7/.

Ulos varastoidut paalit tarvitsevat suojakseen verkon lintuja vastaan ja kotieläimet loitolla pitävän aidan /6/, /14/. FOSTERin mukaan korkealaatuisella kiedontamuovilla käärityt paalit eivät tarvitse varastointipaikalla yleensä muuta suojaa /7/. Ainoastaan ääriolosuhteissa, esim. jos alueella lintuja, saattaa olla järkevää suojata paalit verkolla. Myöskin vakituisten varastointipaikkojen ympärille tulee rakentaa suoja-aita, joka pitää irti päässeet kotieläimet sekä villieläimet loitolla säilörehupaaleista. Lyhyessä ajassa saattaa tapahtua huomattavia vahinkoja, mikäli karja pääsee vaurioittamaan varastoituja pyöröpaaleja.

Hiiret ja rotat tulee torjua säilörehupaalien varastointipaikoilta myrkkysyötein, jotta jyrsijät eivät pääsisi tekemään muoviin reikiä, joista johtuu ilmaa paaliin aiheuttaen haitallisia käymisreaktioita /7/, /14/, /28/.

## 1.10. Säilörehun kemiallinen ja mikrobiologinen laatu

### 1.10.1. Kemiallinen laatu

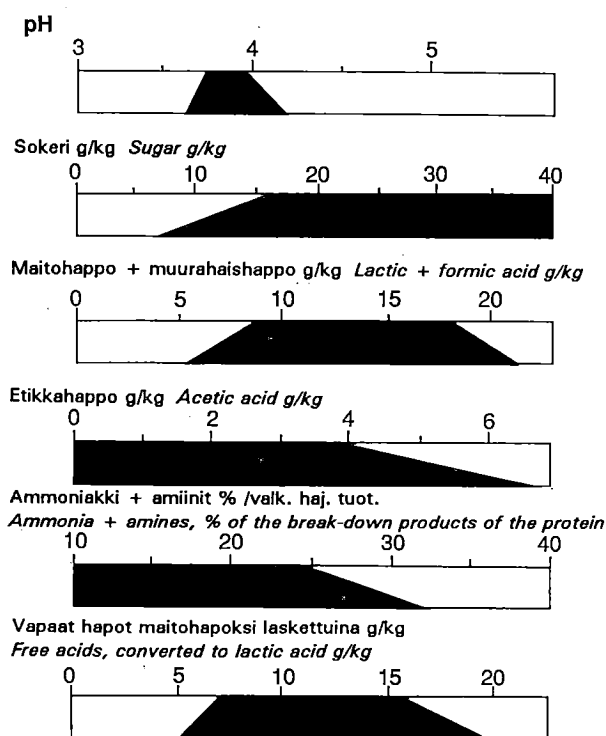
MIETTISEN mukaan säilönnällistä laatua kuvaavat tekijät voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat ne tekijät, jotka kuvaavat ensisijaisesti rehun käymisastetta. Näitä ovat rehun pH sekä maitohappo ja sokeripitoisuus. Toiseen ryhmään kuuluvat ne tekijät, jotka kuvaavat rehun virhekkäymiä ja valkuaisen haitallista hajoamista. Näitä ovat rehun etikkahappo-, ammoniakki- ja amiinipitoisuus (kuva 19). /29/.

#### Kuva 19.

Tummat alueet kuvaavat hyvää AIV-rehua /30/.

#### Figure 19.

*The Finnish VALIO dairies' criteria for good silage. Dark areas represent good silage quality /30/.*



#### 1.10.1.1. pH

Rehu säilyy vain happamana ja ilmalta suojattuna.

Happoa joko lisätään säilöntäaineessa tai sitä

syntyy käymällä rehun sokereista. Riittävän happamassa rehussa viihtyvät parhaiten maitohappobakteerit, joista on enemmän hyötyä kuin haittaa. Liian korkeassa pH:ssa lisääntyvät monet haitalliset pieneliöt kuten koli-, voi- ja listeriabakteerit. Mitä korkeampi on pH, sitä suurempi on vahingollisten bakteerien esiintymismahdollisuus. /30/.

Rehussa voi olla hidas maitohappokäyminen, jolloin rehun pH edelleen laskee ja rehun säilyvyys varmistuu. Toisaalta rehussa voi myös olla alkavaa virhekäymistä, jolloin pH nousee hitaasti ja rehua uhkaa pilaantuminen. Rehun sokeri-, ammoniakki- ja etikka-happopitoisuuksista voidaan päätellä kumpaan suuntaan ollaan menossa. Hyvään säilymiseen tarvittava pH riippuu rehun kosteudesta. Mitä kuivempaa rehu on, sitä korkeammassa pH:ssa se säilyy. Ääritapauksena on kuiva heinä, jonka säilyvyyteen pH ei vaikuta ollenkaan. /30/.

Liian korkea pH aiheuttaa syönnin vähenemisen. Rehun pH vaikuttaa vapaiden happojen määrään ja sitä kautta maittavuuteen. Rehun ihanteellinen pH alue on 3,75-4,00. /30/.

#### **1.10.1.2. Maitohappo**

Muurahaishappo ja maitohappo antavat rehulle tarvittavan happamuuden. Pelkkään maitohappokäymiseen perustuva käyminen on hyvin vaikea hallita. Voimakkaaseen maitohappokäymiseen joudutaan silloin, kun rehuun ei lisätä happoa tai sitä lisätään liian vähän. Jos raaka-aineessa on runsaasti sokeria päädytään rehuun, joka säilyy hyvin mutta suuri maitohappopitoisuus haittaa maittavuutta. Jos sokeri loppuu kesken rehu yleensä pilaantuu. /30/.

Nykyinen rehuntarkastusmenetelmä ei pysty erottamaan toisistaan muurahaishappoa ja maitohappoa vaan antaa niiden yhteismäärään, joka ilmoitetaan maitohapoksi laskettuna. Tällä laskutavalla yksi gramma muurahaishappoa muuttuu kahdeksi gram-maksi maitohappoa.

#### **1.10.1.3. Sokerit**

Rehun maitohappokäymisen pitäisi päättyä luonnollisella tavalla siihen, että rehu on tullut riittävän happamaksi ja samalla hyvin säilyväksi. Mikäli säilöntäainetta on käytetty liian vähän tai raaka-aine on poikkeuksellisen hankalaa säilöttäväksi, voivat sokerit loppua kesken maitohappokäymisen. Tällöin alkaa yleensä virhekäyminen, joka huonontaa rehun arvoa. Sokerilla on merkitystä myös ruokinnassa. Energiatappio on merkityksetön, kun sokeri käy maitohapoksi mutta pötsissä sokeri on maitohappoa selvästi tehokkaampi valkuaisen rakentamisessa. /30/.

Sokeripitoisuuden mittauksella selvitetään, onko rehu terveen maitohappokäymisen alueella. Rehun laatu ei ole enää sokerista riippuvainen, mikäli rehussa on sokeria vähintään 15 g/kg. Jos rehun muut analyysitulokset osoittavat käymisen päättyneen suosiollisesti, voidaan sokeripitoisuutta 5 g/kg pitää riittävänä. Rehun käyminen ei koskaan lopu aivan kokonaan, joten pieni sokerivara on hyvä olla. /30/.

#### **1.10.1.4. Vapaat hapot**

Osa rehun hapoista, sekä lisätyistä että käymällä syntyneistä, on sidottuna rehun kivennäisiin ja valkuaisen hajoamistuotteisiin. Osa on vapaina happoina. Ilman vapaita happoja ei ole happamuutta, joten juuri vapaat hapot säilyttävät rehun. Toisaalta lehmä joutuu rehua syödessään neutraloimaan eli sitomaan syljen kivennäisillä rehun vapaat

hapot. Lehmän syljenerityksellä on yksilölliset rajansa, joten vapaiden happojen suuri määrä johtaa hitaaseen syöntiin tai peräti syönnin rajoittamiseen. Se, mikä osuus hapoista on sidottuna ja mikä vapaana, riippuu lähinnä rehun pH:sta. Siten pH, happaman maun lisäksi, vaikuttaa epäsuorasti rehun maittavuuteen. /30/.

### **1.10.2. Rehun virheikäymistä ja valkuaisen haitallista hajoamista kuvaavat tekijät**

#### **1.10.2.1. Etikkahappo**

Säilötyssä rehussa alkaa maitohappokäyminen, joka alentaa rehun pH:ta ja varmistaa säilymistä. Tavallisesti maitohappokäymiseen liittyy etikkahappokäymistä mutta se jää yleensä vähäiseksi eikä vähennä rehun arvoa mitattavissa määrin. Käyminen ei kuitenkaan onnistu aina toivotulla tavalla sillä rehu voi sisältää paljon haitallisia bakteereja, etenkin jos siihen on joutunut multaa. Tällöin käymisissä syntyy runsaasti etikkahappoa ja samalla rehun arvo huononee. Säilöntäaineen aliannostelun tai poikkeuksellisen vähäsokerisen raaka-aineen takia rehun sokeri voi loppua ennen kuin riittävän alhainen pH on saavutettu. Silloin maitohappo alkaa käydä etikkahapoksi ja, kun vahva happo muuttuu heikoksi, rehun pH nousee ja pilaantuminen alkaa. Pilaantumiseen liittyy valkuaisen hajoaminen, jossa edelleen syntyy lisää etikkahappoa. Etikkahappopitoisuus yli 7 g/kg on varma merkki rehun arvoa huonontavasta virheikäymisestä. /30/.

#### **1.10.2.2. Ammoniakki ja amiinit**

Rehun säilöntään liittyy aina myös valkuaisen hajoamista. Hajoamisen määrä ja laatu riippuvat säilöntämenetelmästä ja säilönnän onnistumisesta. Valkuainen on muodostunut aminohappoketjuista, jotka pilkkoutuvat valkuaisen hajotessa. Hajoittamista tekevät sekä kasvin omat entsyymit että käymistä ylläpitävät bakteerit. Rehun säilymisen kannalta harmilliset bakteeritoiminnot hajoittavat aminohappoja edelleen ammoniakiksi ja amiineiksi. Ammoniakin lehmä pystyy uudelleen rakentamaan valkuaiseksi, mikäli energian saanti on riittävä mutta amiinit ovat joka tapauksessa hyödyttömiä tai jopa vahingollisia. /30/.

Ammoniakin ja amiinien osuus valkuaisen hajoamistuotteista kuvaa hyvin säilönnän onnistumista. Moitteettoman rehun ammoniakin ja amiinien prosenttiosuus on 25 %:a valkuaisen hajoamistuotteista. Mikäli muita virheikäymisen merkkejä ei ole, voidaan hyvälle rehulle sallia amiineja ja ammoniakkia jopa 33 %:a valkuaisen hajoamistuotteista. /30/.

#### **1.10.3. Mikrobiologinen laatu**

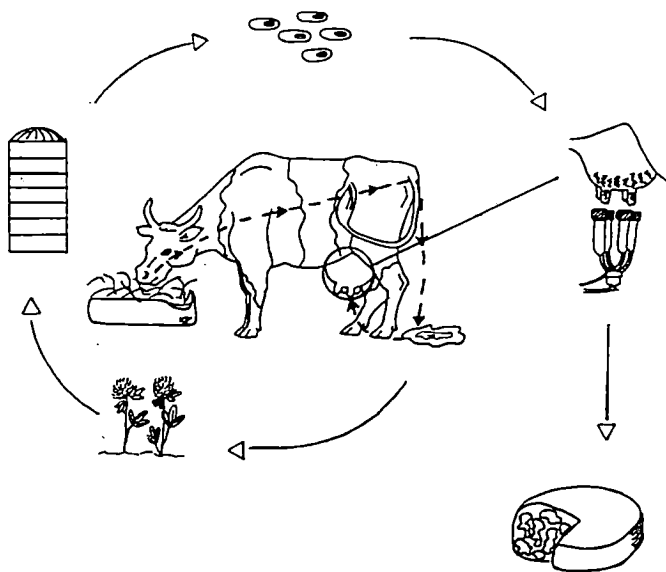
Säilörehussa olevien mikrobien aktiviteettia rajoittaa niiden lukumäärä. Maitohappokäymisen tuloksena syntyviä orgaanisia happoja pidetään perustana onnistuneelle säilönnälle. Kuitenkin erilaiset pilaantumisilmiöt aiheuttavat klostridi-itiöiden lisääntymistä, myrkyllisten aineiden muodostumista, rehun lämpötilan nousua ja huomattavia säilön-

tätappioita. Säilöntäaineiden käytöllä voidaan tiettyjä haitallisia käymisiä rajoittaa ja luoda edellytykset toivotun säilöntäprosessin syntymiselle. /24/.

### 1.10.3.1. Klostridit

BECKin (Ref. McDONALD ym.) mukaan klostridit jaetaan kahteen ryhmään niiden käyteaineiden mukaan /27/. Sakkarolyttiset klostridit kuten *Clostridium butyricum* fermentoivat pääasiassa sokereita ja orgaanisia happoja sekä jonkin verran myös proteiineja ja aminohappoja. Proteolyttiset klostridit, kuten *Clostridium sporogenes*, fermentoivat pääasiassa aminohappoja. Muutamilla klostrideilla, esim. *Clostridium perfringens*, on kyky fermentoida molempien ryhmien käyteaineita. SNEATHin ym. (Ref. McDONALD ym.) mukaan *Clostridium tyrobutyricum* on säilörehussa kaikista yleisimmin tavattu klostridilaji, jolla on merkitystä säilörehun käymisprosesseissa /27/.

Voihappobakteerit ovat peräisin maasta, josta ne korjuun yhteydessä kulkeutuvat säilörehuun. Klostridipitoisuus on hyvin pieni, jos ruuhon ei ole sekoittunut maata. Toinen voihappobakteerien lähde on lanta, jossa voi olla runsaasti voihappoitiöitä /27/. Itiöiden avulla bakteeri säilyttää kasvukykynsä vaikka ympäristön olosuhteet muuttuvat itse bakteerille epäedullisiksi. Rehua syötettäessä bakteeri-itiöt kulkeutuvat lehmän ruuansulatuskanavan läpi ja poistuvat lehmästä lannan mukana. Lypsyn yhteydessä itiöt joutuvat nännien pinnoilta maitoon ja aiheuttavat vaikeuksia juuston valmistuksessa (kuva 20).



Kuva 20.

Klostridi-itiöiden kulkeutumisreitti säilörehusta juustoon /18/.

Figure 20.

Spreading of clostridial spores from silage to cheese /18/.

Rehun lämpötila, kuiva-ainepitoisuus ja happamuus vaikuttavat voi-happobakteerien kasvuun ja lisääntymiseen rehussa. Anaerobisuus, rehun pH 4,5 - 5,5 ja lämpötila 37 °C edistävät voimakkaasti voi-happobakteerien kasvua. Bakteerit

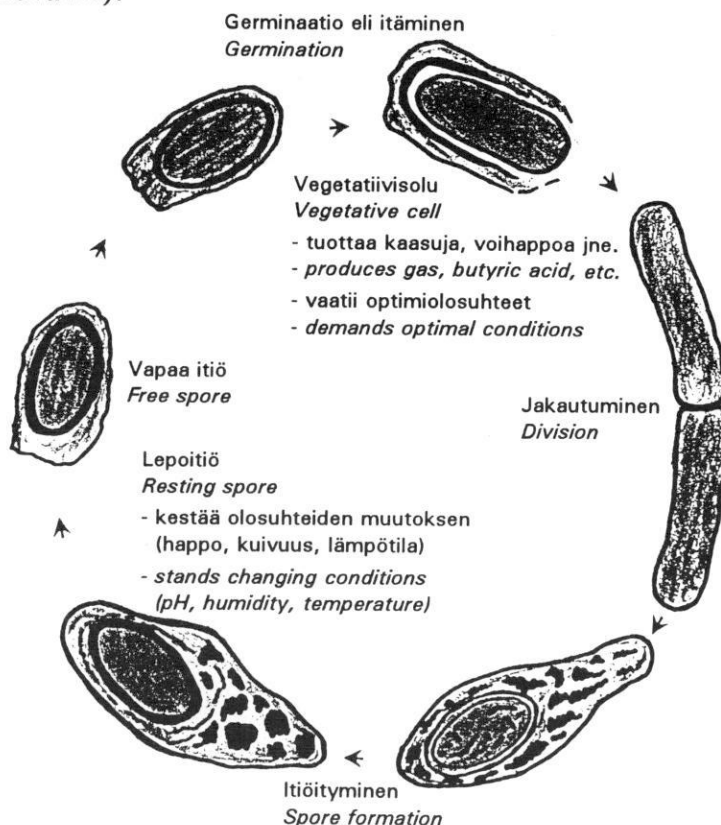
viihtyvät kosteissa olosuhteissa /27/. JONSSONin (Ref. McDONALD ym.) mukaan 35 %:n ka-pitoisuus vähentää kasvua ja yli 40 %:n ka-pitoisuus estää täydellisesti klostridien kasvun pyöröpaalisäilörehussa /27/.

Voihappobakteerit kuluttavat kasvuunsa rehun sokereita ja valkuaisaineita, jonka seurauksena rehun sokeripitoisuus pienenee ja ammoniakkipitoisuus kasvaa. Bakteerien aineenvaihdunnan lopputuotteita ovat voi-happo, vesi, hiilidioksidi ja vety. Energiatappiot

voihappokäymisessä ovat 18,4 % kun ne puhtaassa maitohappokäymisessä ovat 0,7%. Voihappobakteeri-itiöitä on hyvässä rehussa korkeintaan 100 kpl/g, mutta voihappokäyneessä rehussa niitä on 10 000-100 000 kpl/g. Pintarehussa voihapoitiöitä on runsaasti, vaikka voihapsa ei olisikaan /13/. THOMEn ja SWARTLINGin (Ref. McDONALD ym.) mukaan rehussa olevien itiöiden lukumäärä ei vaikuta voihappokäymisen tuotteiden määrään /27/. HELMISEN mukaan tämä johtuu voihappobakteerien elinkierrosta /13/. Joskus bakteerikasvuston kasvaessa hyvin nopeasti, itiömuotoisia bakteereita ei tavata lainkaan (kuva 21).

**Kuva 21.**  
Voihappobakteerin elinkierrosta /13/.

**Figure 21.**  
*Life cycle of the butyric acid bacteria /13/.*



### 1.10.3.2. Sienet

Sienet ovat eukaryoottisia, heterotrofisia mikro-organismeja, jotka esiintyvät yksittäisinä soluina eli hiivoina tai monisoluisina lankamaisina yhdyskuntina eli homeina. Ne esiintyvät runsaina maassa, vedessä ja kasvillisuudessa, jossa ne elävät hajottamalla kasviainesta. Kasvuun tarvitsemansa ravinnon ne saavat hajottamalla erittämillään entsyymeillä monimutkaisia orgaanisia molekyyliä yksinkertaisiksi monomeereiksi, jotka ne absorboivat solukalvojen läpi. Valtaosa sienistä on ehdottoman aerobeja eli ne voivat kasvaa vain hapellisissa olosuhteissa, mutta muutamat sienet voi kasvaa myös anaerobisissa olosuhteissa, jolloin ne hankkivat tarvitsemansa energian käymisreaktioilla /27/.

Hapen päästessä rehuun hiivat ja homeet estävät säilörehun edullisen käymistäpahtuman kuluttamalla kasvuunsa rehussa olevaa maitohappoa. Myös anaerobisissa oloissa ne kuluttavat orgaanisia happoja pumppaamalla niitä solukalvojen läpi. Pumppaamiseen tarvittava energia saadaan fermentoimalla rehun sokereita. Hapen päästessä kosketuksiin rehun kanssa hiivat ja sienet kykenevät kuitenkin kuluttamaan maitohappoa noin kuusi kertaa enemmän kuin normaalissa säilörehuvarastoinnin happipitoisuudessa. Hiivojen ja homeiden kasvu aiheuttaa rehun lämpenemistä ja pH:n nousua ja siten virhekäymisten alkamista. Rehun lämpötilan kohotessa noin +45 °C:een hiivasienet kuolevat ja niiden tilalle tulevat termofiiliset lajit, *bacillus*, samalla myös kasvin

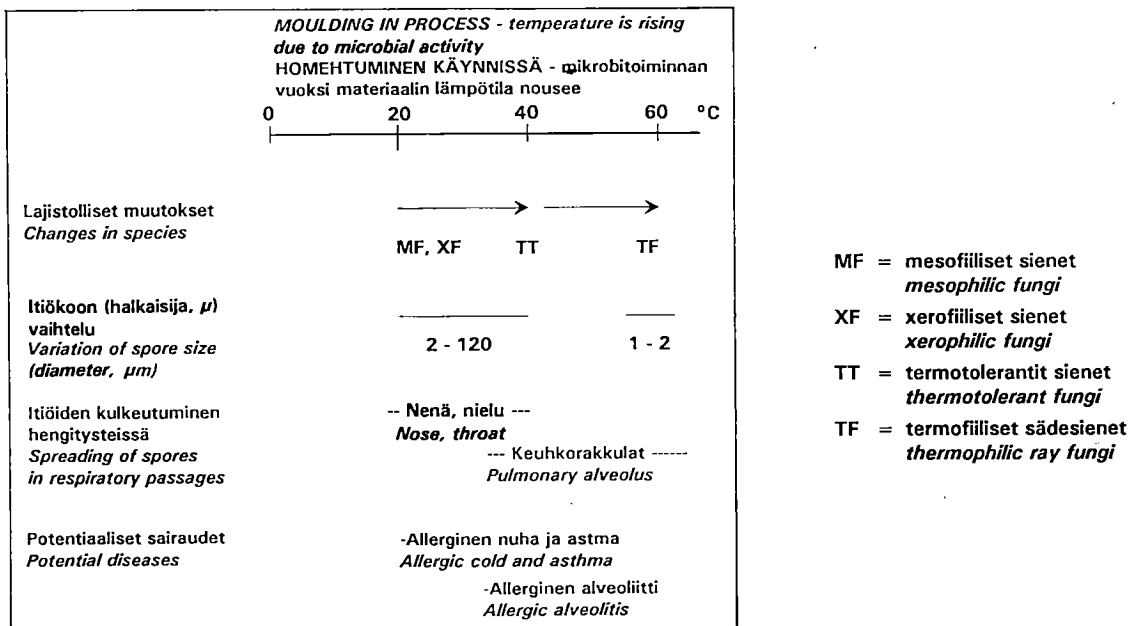
Hapen päästessä rehuun hiivat ja homeet estävät säilörehun edullisen käymistäpahtuman kuluttamalla kasvuunsa rehussa olevaa maitohappoa. Myös anaerobisissa oloissa ne kuluttavat orgaanisia happoja pumppaamalla niitä solukalvojen läpi. Pumppaamiseen tarvittava energia saadaan fermentoimalla rehun sokereita. Hapen päästessä kosketuksiin rehun kanssa hiivat ja sienet kykenevät kuitenkin kuluttamaan maitohappoa noin kuusi kertaa enemmän kuin normaalissa säilörehuvarastoinnin happipitoisuudessa. Hiivojen ja homeiden kasvu aiheuttaa rehun lämpenemistä ja pH:n nousua ja siten virhekäymisten alkamista. Rehun lämpötilan kohotessa noin +45 °C:een hiivasienet kuolevat ja niiden tilalle tulevat termofiiliset lajit, *bacillus*, samalla myös kasvin

koostumus muuttuu. Klostridien kasvu alkaa välittömästi rehupinnan alapuolella, kun happea on päässyt rehuun. Tämä on seurausta hiivasienten aiheuttamasta pH:n ja lämpötilan noususta. /24/.

PELCZARin ym. (Ref. McDONALD ym.) mukaan hiivojen ja homeiden kasvu ei ole riippuvainen rehun pH:sta /27/. Useimmat hiivat ja homeet kykenevät kasvamaan pH-alueella 3-8 ja jotkut hiivat jopa pH:n ollessa alle 2. Optimi-pH hiivojen ja homeiden kasvulle on pH 5. Sienet kasvavat ja tuottavat itiöitä suotuisissa olosuhteissa. Säilörehu on siinä mielessä turvallinen, että siihen lisätään happoa oikeanlaisen käymisen aikaansaamiseksi ja samalla pyritään estämään hapen pääsy rehuun /22/.

DAVENPORTin (Ref. McDONALD ym.) mukaan useimmat hiivat kykenevät kasvamaan 0-37 °C lämpötilassa mutta vain harvat yli 45 °C lämpötilassa. Hiivat ja homeet menestyvät korkeissa kuiva-ainepitoisuuksissa. LACEYn (Ref. McDONALD ym.) mukaan useimmat homeet menestyvät 10-40 °C lämpötilassa optimin ollessa 25-35 °C. /27/.

Sienet voivat tuottaa mykosiineja, joille altistuminen voi aiheuttaa akuutteja hengitysvaikeuksia, kurkkukipua, verenvuotoa nenästä ja iho-oireita (Kuva 22). /22/.



**Kuva 22.** Homehtumisen aikana eloperäisen materiaalin sienilajistossa tapahtuvien muutosten yhteys allergisiin hengityselinsairauksiin /42/.

**Figure 22.** The connection between respiratory diseases and changes in fungal species of organic matter /42/.

### 1.10.3.3. Listeria

Listeria on liikkumiskykyinen ja osittain anaerobinen bakteeri, joka aiheuttaa sairauksia monille eläinlajeille sekä maitoon joutuessaan vaikeuksia sulatejuuston valmistuksessa. Se esiintyy ihmisten puhdistamattomissa jätevesissä, eläinten lannassa ja huonolaatuisessa säilörehussa /27/.

Listerian kyky sietää happamuutta riippuu rehun lämpötilasta, mitä korkeampi

lämpötila, sitä alhaisemmassa pH:ssa listeria voi kasvaa. Listeria pysyy pitkään hengissä niinkin alhaisessa pH:ssa kuin 3,8 hapen läsnäollessa, mutta kuolee välittömästi mikäli pH nousee arvoon 4,2 anaerobisissa oloissa. Korkeammilla pH-arvoilla ehdoton edellytys listerian kasvulle on aerobiset olosuhteet. Listeria kasvun minimilämpötila on 1 °C, mutta jo 4 °C:ssa kasvu edistyy hyvin. Listeria selviytyy myös korkeissa kuiva-ainepitoisuuksissa. Säilörehussa erityisen hankalaksi listerian tekee sen kyky säilyä hengissä alhaisessa pH:ssa, korkeassa kuiva-ainepitoisuudessa ja alhaisessa happipitoisuudessa sekä kyky kasvaa nopeasti olosuhteiden muuttuessa suosiollisemmiksi. /27/.

Samat ohjeet, jotka estävät klostridien kasvun pätevät myös listeria kasvun vähentämiseen. Maata ei saa sekoittaa rehuun. Alhainen rehun kuiva-ainepitoisuus lisää listeria-vaaraa. Propionihapon ja ammoniakkin määrä oli suuri näytteissä, joissa oli listeriaa. Kun sokeria oli paljon, oli rehussa ilmeisesti listeriaa. Täten voidaan todeta, että rehun täydellinen käyminen estää listerian kasvua. /15/.

FENLONin ym. (Ref. McDONALD ym.) mukaan pyöröpaalisäilörehu on erityisen edullinen listerian kasvulle, koska paalit ovat löysiä ja niissä esiintyy hapellisia käymisreaktioita /27/. Lisäksi pintarehun osuus kokonaistilavuudesta on pyöröpaaleissa hyvin suuri. PAYLYn mukaan halkasijaltaan 1,2 m olevan paalin tilavuus on keskimäärin 1,36 m<sup>3</sup> ja vaipan ala noin 6,2 m<sup>3</sup> eli paalin pinnan osuus on lähes 5 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> /37/. FENLONin (Ref. MCDONALD ym.) mukaan listerian esiintyminen paalissa on hyvin paikallista, riippuen lähinnä siitä mikä kohta paalin pinnasta on joutunut tekemisiin ilman kanssa /27/. Nopea pH:n lasku pysäyttää listerian kasvun mutta muovin läpi kulkeutuva happi aiheuttaa paalin pinnalla aerobisia käymisiä, jolloin rehun pH nousee ja olosuhteet muuttuvat suosiollisiksi listerian nopealle kasvulle.

### 1.11. Yhteenveto

Hyvän säilörehun valmistus perustuu hyvälaatuiseen säilörehunurmeen, oikeaan niittoaikaan ja korjuutekniikan hyvään hallintaan. Hyvälläkään säilönnällä ei saada ravinnekoostumukseltaan huonosta raaka-aineesta ensiluokkaista, maittavaa ja tuottavaa säilörehua.

Niittomurskaimilla niitetty karho kuivuu 30 % nopeammin kuin murskaimettomilla niittokoneilla niitetty karho. Murskauksen ohella koneet edistävät rehun kuivumista parantamalla karhon rakennetta ja muotoa.

Pyöröpaalisäilörehun paras kuiva-ainepitoisuus on 40 - 45 %, kuitenkin minimivoitteena pidetään puristenesterajaa eli 28 - 30 %:n kuiva-ainepitoisuutta. Pyöröpaalisäilörehun valmistaminen kiedontamenetelmällä ei ole suositeltavaa, mikäli rehupaalin kuiva-ainepitoisuus on alle 25 %. Toisaalta liiallinen esikuivaus, jolloin kuiva-ainepitoisuus ylittää 60 %, lisää paalin homehtumisriskiä.

Säilörehun tekoon suositeltavin paalikoko on 1,2 m · 1,2 m. Muuttuvakammioisella pyöröpaalaimella saadaan eri käyttötarkoituksiin eri kokoisia pyöröpaaleja. Kiinteäkammioisella pyöröpaalaimella saadaan ainoastaan vakiokokoisia paaleja. Muuttuvakammi-

oisella tehdyn paalin tilavuuspaino on 10 - 20 % suurempi kuin kiinteäkammioisella valmistetun paalin, mutta paalintyyppi ei kuitenkaan vaikuta säilörehun laatuun.

Suomessa säilöntäaineen käyttö on yleensä aina välttämätöntä. Mikäli luo'on kapitoisuus on lähes 50 % lohkon ja karhon joka kohdassa, voidaan säilöntäaine jättää pois.

Orgaanisilla hapoilla lasketaan rehun pH niin alas, että haitalliset virheikäymiset estyvät. Biologiset säilöntäaineet muodostuvat maitohappobakteereista tai entsyymeistä ja niillä pyritään varmistamaan rehun maitohappokäymistä. Biologiset säilöntäaineet eivät sisällä lainkaan happoja tai muita käytössä epämiellyttäviä aineita, mutta niillä ei toistaiseksi saada varmasti hyvälaatuista säilörehua kaikissa olosuhteissa.

Säilöntäaine ruiskutetaan pyöröpaalaimissa tavallisesti kahden kimmosuuttimen kautta noukkimelle pumppu- tai kompressorihapottimella. Pyöröpaalaimissa säilöntäaine on altis sivutuulelle, jonka vuoksi suuttimet tulee sijoittaa suojaan koneen rakenteisiin. Paksu karho ja suuri ajonopeus aiheuttavat säilöntäaineen epätasaisen levittymisen rehumassaan. Hapottimen toiminta tulisikin perustua paalaimen tulevan rehuvirran kuiva-ainemäärään.

Kiedontalaitteet ovat joko traktorin nostolaitteeseen kiinnitettäviä tai hinattavia. Nykyisillä kiedontalaitteilla käärinnän voi tehdä yksi henkilö ja se onnistuu traktorin ohjaamosta poistumatta. Paalit voidaan kietoa pellolla ja varastoida pellon laitaan ja kuljettaa myöhemmin talouskeskukseen, jolloin välttyään voimakkaalta työhuipulta.

Säilörehupaalin päälle kiedotaan vähintään neljä muovikerrosta ja kerrokset limitetään 50 %. Kiedonnan päätarkoituksena on estää ilman pääsy paalattuun rehuun. Keskeisiä muovikalvolle asetettavia vaatimuksia ovat kalvon lujuus, hapen läpäisemättömyys, ultravioletisäteilyn kesto ja hyvä liimautuvuus. Paras kiedontamuovin väri on valkoinen, koska sillä saavutetaan alhaisempi paalin sisälämpötila kuin mustalla kiedontamuovilla.

Säilörehupaalit varastoidaan pystyasentoon ja paalien pinoamiskorkeus varastointipaikalla riippuu rehun kuiva-ainepitoisuudesta. Pyöröpaalien varastointipaikan ehdoton edellytys on kova ja helposti vettä läpäisevä pohja. Betonipohja ei ole välttämätön mutta paras, mikäli sellainen vain on tilalla käytettävissä. Vakituisten varastointipaikkojen ympärille tulee rakentaa suoja-aita, joka pitää irti päässeet kotieläimet loitolla säilörehupaaleista. Pyöröpaalit kannattaa suojata lintuverkolla, jos alueella on paljon lintuja.

Säilörehun säilönnällistä laatua kuvaavat tekijät voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat ne tekijät, jotka kuvaavat rehun käymisastetta. Näitä ovat rehun pH sekä maitohappo- ja sokeripitoisuus. Toiseen ryhmään kuuluvat ne tekijät, jotka kuvaavat rehun virheikäymisiä ja valkuaisen haitallista hajoamista. Näitä ovat rehun etikka-, ammoniakki- ja amiinipitoisuus.

Erilaiset pilaantumisilmiöt aiheuttavat säilörehussa klostridi-itiöiden lisääntymistä, myrkyllisten aineiden muodostumista, lämpötilan nousua ja huomattavia säilöntätappioita.

## 2. KOKEELLINEN OSA

### 2.1. Tutkimuksen tavoite

Kokeiden tavoitteena oli selvittää eri säilöntä-, kiedonta- ja varastointimenetelmien vaikutus kiedotun pyöröpaalisäilörehun kevät-, kesä- ja syyssadon laatuun.

### 2.2. Aineisto ja tutkimusmenetelmät

#### 2.2.1. Koepaikka ja -aika sekä kasvustot

Kenttäkokeet tehtiin kesällä 1991 Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksella Vihdin Olkkalassa Uutelan tilalla. Varastoidun rehun laadun seuranta jatkui Uutelassa aina huhtikuun loppuun 1992 saakka.

Rehua korjattiin kuuden hehtaarin nurmilohkolta, joka oli jaettu kahteen kolmen hehtaarin suuruiseen lohkoon. Toisella lohkolta kasvoi toisen vuoden nurmea ja toisella ensimmäisen vuoden nurmea. Molempien lohkojen nurmessa oli 50 % timoteita, 30 % nurminataa ja 20 % koiranheinää. Lohkoille kylvettiin 100 kg/ha tyyppä keväällä ja kevät- ja kesäsatojen korjuun jälkeen.

Heikon nurmisadon varalle kylvettiin keväällä 1991 kaksi hehtaaria yksivuotista italianraiheinää, jota jouduttiinkin korjaamaan kesäsatoa paalattaessa, koska paalimäärä jäi vajaaksi alkuperäiseltä kuuden hehtaarin lohkolta korkean kuiva-ainepitoisuuden vuoksi.

Niitto aloitettiin kullakin korjuukerralla silloin, kun noin puolet tähkistä tai röyhyistä oli näkyvissä. Ensimmäinen sato korjattiin 17. ja 20.6., toinen 1. - 2.8. ja kolmas 24. - 25.9. Keskimääräinen korjattu sato korjuukertaa kohti nähdään taulukosta 2.

**Taulukko 2.** Keskimääräinen korjattu nurmisato.

*Table 2. Average quantity of grass harvested in the study.*

Sato Cut	Lohko 1 <i>Field 1</i> kg ka/ha kg DM/ha	Lohko 2 <i>Field 2</i> kg ka/ha kg DM/ha	Lohko 3 <i>Field 3</i> kg ka/ha kg DM/ha
Kevätsato <i>First cut</i>	2900	2820	-
Kesäsato <i>Second cut</i>	3170	3370	1510
Syyssato <i>Third cut</i>	3490	3530	-

#### 2.2.2. Niitto

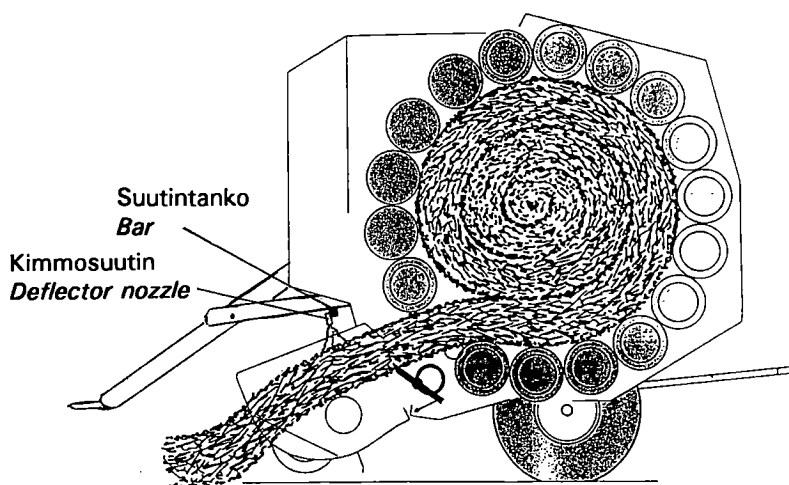
Rehun niitto aloitettiin yleensä paalausta edeltävän päivän aamupäivällä lohko kerrallaan siten, että ensimmäinen lohko niitettiin ensimmäisenä päivänä ja toinen lohko seuraavana päivänä.

Niittomurskaimena oli Ylö LN 185, jonka työleveys on 185 cm. Niitossa voimanotto-akselin pyörimisnopeus oli 540 r/min ja ajonopeus 9 km/h. Murskausvoimakkuus pyrittiin jokaisella niitokerralla pitämään samana.

### 2.2.3. Paalaus

Paalaimena oli kiinteäkammioinen Claas Rollant 46, joka oli varustettu Masa-paineilmahapottimella ja narusidontalaitteella. Paalaimen paalikammion koko oli 120 cm · 120 cm. Kultakin lohkolta karhot paalattiin kullakin korjuukerralla täsmälleen samassa järjestyksessä kuin ne oli niitetty. Paalattaessa karho noukittiin vuorotellen noukkimen vasemmalla ja oikealla laidalla, jotta saatiin mahdollisimman tasaisia ja säännöllisen muotoisia paaleja.

Säilöntäaine ruiskutettiin rehumassaan MASA-paineilmahapottimella noukkimen päälle asennettujen kahden kimmosuuttimen kautta (kuva 23). Hapottimeen säädettiin ennalta haluttua säilöntäainemäärää vastaava ruiskutusaine.



Kuva 23.

Suuttimien sijainti pyöröpaalaimessa.

Figure 23.

Location of additive nozzles in the round baler. Two deflector nozzles were mounted on a bar.

Taulukko 3. Säilöntäaineiden käyttö paalauksessa eri korjuukerroilla.

Table 3. Use of additives at baling in different cuts.

Sato Cut	AIV-2 <sup>1)</sup>				AIV-4 <sup>2)</sup>			
	l/t	l/t	l/ka-t	l/t DM	l/t	l/t	l/ka-t	l/t DM
Kevätsato First cut	6,3		24,4		5,8		22,5	
Kesätsato Second cut	6,7		13,6		6,7		13,6	
Syysato Third cut	4,4		28,6		3,2		20,8	

1) The additive AIV-2 contains 80 % formic acid and 2 % orto-phosphorus acid.

2) The additive AIV-4 contains 56 % formic acid, 30 % propionic acid and 9 % benzoic acid.

AIV-4 on saanut markkinointiluvan ja sen uusi nimi on AIV-Kymppi.

Säilöntäaineiden käyttötavoitteena oli 5 - 6 litraa rehutonna kohti. Toiseen eli kesäsaaton säilöntäainetta kului hieman liian paljon, keskimäärin 6,7 l/t. Vaikka säilöntäaineen määrä jäi syyssadossa alle minimitalvoitteen eli 5 l/t, siitä huolimatta kuiva-ainetonna kohti laskettuna säilöntäainetta kului riittävästi.

Rehun paalaus aloitettiin yleensä niittoa seuraavan päivän aamupäivällä, jolloin esikuivausajaksi muodostui noin 28 tuntia (taulukko 4) sillä tavoitteena oli 40-45 % kuiva-ainepitoisuus.

**Taulukko 4.** Niiton ja paalauksen ajoitus, esikuivausaika ja kuiva-ainepitoisuus lohkoittain.

*Table 4. Timing of mowing and baling, wilting time and dry matter content for the different fields.*

Peltolohko <i>Field</i>		Lohko 1 <i>Field 1</i>	Lohko 2 <i>Field 2</i>	Lohko 3 <i>Field</i>
Kevätsato <i>First cut</i>	17.6.	Niitto klo 7.00 <i>Mowing</i> Paalaus klo 11.45 <i>Baling</i>		Ei korjattu <i>Not harvested</i>
	19.6.		Niitto klo 18.00 <i>Mowing</i>	
	20.6.		Paalaus klo 11.30 <i>Baling</i>	
	Esikuivausaika <i>Drying time</i>	4 h 45 min	17 h 30 min	
	ka -%	22,3	29,2	
Kesätsato <i>Second cut</i>	31.7.	Niitto klo 8.00 <i>Mowing</i>		
	1.8.	Paalaus klo 12.00 <i>Baling</i>	Niitto klo 7.00 <i>Mowing</i>	
	2.8.		Paalaus klo 9.10 <i>Baling</i>	Niitto klo 10.00 <i>Mowing</i> Paalaus klo 14.00 <i>Baling</i>
	Esikuivausaika <i>Drying time</i>	28 h	26 h 10 min	4 h
	ka -%	68,1	50,8	25,9
Syyssato <i>Third cut</i>	23.9.	Niitto klo 18.00 <i>Mowing</i>		Ei korjattu <i>Not harvested</i>
	24.9.	Paalaus klo 10.00 <i>Baling</i>	Niitto klo 8.00 <i>Mowing</i>	
	25.9.		Paalaus klo 9.30 <i>Baling</i>	
	Esikuivausaika <i>Drying time</i>	16 h	25 h 30 min	
	ka -%	17,4	17,5	

#### 2.2.4. Kiedonta

Paali kiedottiin välittömästi paalin valmistuttua. Kiedontapaikka sijaitsi aivan varastointipaikan vieressä. Keskimääräinen kuljetusmatka ensimmäiseltä lohkolta oli noin 100 m ja toiselta noin 200 m. Ennen kiedontaa koepaali punnittiin ja sen halkaisija mitattiin pysty- ja vaakasuunnassa. Samalla otettiin raaka-ainenäyte paalista.

Kiedontalaitteena oli nostolaitekiinnitteinen Rollpack 140. Konetta käytettiin ja säädettiin valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Kiedontalaitteeseen asennettiin muovimäärää mittaava matkamittari.

Kaikki koepaalit kiedottiin 70 %:n esikiristysastetta käyttäen. Kiedonnassa käytettiin 50 %:n limitystä ja kolmea eri kerrospaksuutta: a)  $2+2=4$  kerrosta, b)  $2+2+2=6$  kerrosta ja c)  $2+2+2+2=8$  kerrosta.

Kiedontamuovina oli yksikerroksinen valkoinen Suomessa valmistettu Rani-muovi. Rani-muovin valintaperusteena oli sen hyvä menestyminen Norjan maatalouskorkeakoulun tekemässä kiedontamuovien ryhmävertailussa. Rani-muovin paksuus on 0,025 mm ja leveys 500 mm. Yhdessä rullassa on muovia 1800 m ja painoa 21,8 kg.

#### 2.2.5. Varastointi

Säilörehupaalien varastointipaikka sijaitsi ulkona, pellon laidassa lohkon 1 yläpäässä (liite 1). Paalit kuljetettiin kiedontapaikalta varastointipaikalle kiedontalaitteella.

Kiedotut koepaalit varastoitiin kolmea eri menetelmää käyttäen: a) kuormapressulla peitettynä, b) lintuverkolla suojattuna ja c) ilman peittoa. Kuormapressu oli sininen 2 mm paksu ja viisi metriä leveä. Lintuverkon silmäkoko oli 15 mm ja väri vihreä ja se ripustettiin tolppien varaan paaleista irti pingotettuna. Kaikki koepaalit asetettiin yhteen kerrokseen lappeelleen muovikalvon päälle. Koepaalien sijainti varastointipaikalla selviää liitteestä 2.

#### 2.2.6. Rehun korjuu

Kevät-, kesä- ja syysadosta valmistettiin 27 koepaalia kullakin paalausmenetelmällä. Näistä paaleista yhdeksän kiedottiin neljään muovikerrokseen, yhdeksän kuuteen kerrokseen ja yhdeksän kahdeksaan kerrokseen. Saman muovikerrosmäärän sisältävät paalit varastoitiin siten, että kolme niistä peitettiin pressulla, kolme lintuverkolla ja kolme ilman peittoa. Näin jokaista korjuuajankohtaa kohti saatiin 81 koepaalia paitsi kesäadosta, jossa paaleja saatiin vain 76 kpl rehun korkean kuiva-ainepitoisuuden vuoksi. Siten korjuukauden 1991 aikana tehtiin yhteensä 238 koepaalia.

Paalaus tehtiin samassa järjestyksessä kuin niittokin (liite 3). Aluksi paalattiin kolme paalia, joihin käytettiin AIV 2 -happoa ja kaikki kiedottiin  $2+2$  -menetelmällä. Ensimmäinen paali varastoitiin kuormapressun alle, toinen lintuverkon alle ja kolmas ilman peittoa. Seuraaviin kolmeen paaliin käytettiin AIV 4 -happoa ja kaikki kiedottiin  $2+2$  -menetelmällä. Varastointi tapahtui samoin kuin edellä. Ryhmän viimeiset kolme paalia paalattiin ilman säilöntäainetta ja kiedottiin ja varastoitiin samoin kuin edellä.

Edellä esitetyllä tavalla toimitettiin myös toisen ja kolmannen yhdeksän paalin ryhmän kanssa paitsi, että ne kiedottiin toisessa ryhmässä  $2+2+2$  -menetelmällä ja kolmannes-

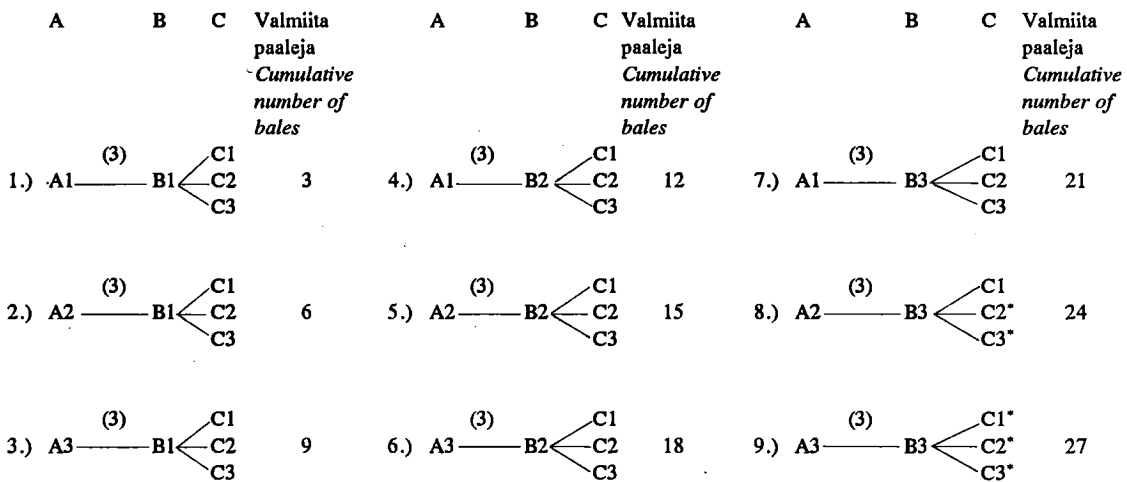
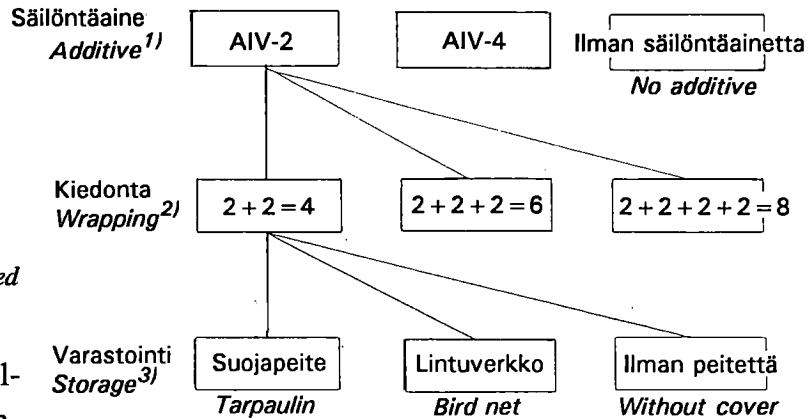
sa 2+2+2+2 -menetelmällä. Näin saatiin kaikkiaan 27 kpl eri tavoin tehtyä paalia. Kolmannen yhdeksän paalin ryhmän jälkeen paalausta jatkettiin taas kietomalla paalit 2+2 -menetelmällä jne.

**Kuva 24.**  
Koejäsenet.

**Figure 24.**  
Factors in the study.

- 1) See note to table 3.
- 2) Number of plastic layers around each bale.
- 3) Cover over the wrapped bales during storage.

Aikaisemmin mainitut kolme yhdeksän paalin ryhmää toistettiin kaksi kertaa, jolloin jokaisesta 27:stä eri tavoin tehdystä paalista saatiin kolme kerrannetta. Täten jokaisena korjuuajankohtana saatiin 81 pyöröpaalia paitsi kesäsadosta, jossa korkea kuiva-ainepitoisuus aiheutti sen, että kokeeseen varattu nurmiala loppui kesken ja tavoitepaalimäärä jäi uupumaan viisi paalia.



- |                                |                                  |                               |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| A = säilöntämenetelmä          | B = kiedontamenetelmä            | C = varastointimenetelmä      |
| A = additives                  | B = wrapping method              | C = storage method            |
| A1 = säilöntä AIV 2            | B1 = kiedonta 4 muovikerroksella | C1 = varastointi peiton alle  |
| A1 = additive AIV 2            | B1 = wrapping "plastic layers"   | C1 = storage under tarpaulin  |
| A2 = säilöntä AIV 4            | B2 = kiedonta 6 muovikerroksella | C2 = varastointi verkon alle  |
| A2 = additive AIV 4            | B2 = wrapping "plastic layers"   | C2 = storage under bird net   |
| A3 = säilöntä ilman säil. ain. | B3 = kiedonta 8 muovikerroksella | C3 = varastointi ilman suojaa |
| A3 = no additive               | B3 = wrapping "plastic layers"   | C3 = storage without cover    |

\* = Kesäsadossa näistä koejäsenistä vain kaksi kerrannetta  
Only two repetitions of these factors in second cut

**Kuva 25.** Koejäsenten valmistuskaavio ja paalausjärjestys kevät-, kesä- ja syysasadossa. Kaavio toistettiin jokaista satoa korjattaessa kolme kertaa.

**Figure 25.** Diagram of the combinations of the factors. The numbers 1.) - 9.), to the left of the combinations, express the baling order. The diagram was repeated three times at everyone of the three cuts.

### 2.2.7. Työvaiheiden aikamittaus

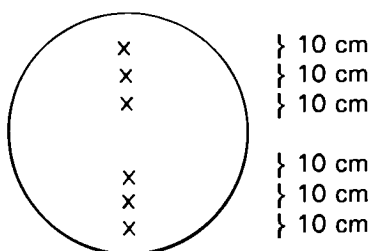
Aikamittaukset tehtiin kolmatta satoa korjattaessa syyskuun 24. päivänä. Paalaukseen kulunut aika jaettiin kolmeen vaiheeseen: 1) varsinainen paalaus, 2) paalin sidonta ja 3) paalikammion tyhjennys. Paalit siirrettiin etukuormaimeen liitettyä kouraa käyttäen kiedontapaikalle. Kiedontaan kulunut kokonaisaika jaettiin varsinaiseen kiedontaan ja kiedotun paalin varastopaikalle siirtoon kuluneeseen aikaan. Kiedottu paali siirrettiin varastointipaikalle kiedontalaitteella. Siirtomatka oli noin 15 m. Paalit varastoitiin yhteen kerrokseen peltolohkon laitaan. Korjuuketjuun kuului kolme henkilöä.

### 2.2.8. Paalien lämpötilan mittaus

Kevät- ja kesäsadon paaleista mitattiin yhdestä jokaisen kerranteen paalista rehun lämpötilaa. Lämpötila-anturit olivat T-tyyppin kupari-konstantaani-termoparilankaa. Tiedonkeruulaitetta ohjasi pc-tietokoneeseen tehty lämpötilanmittausohjelma ja lämpötilat mitattiin aluksi kuusi kertaa vuorokaudessa, mutta tiedonkeruulaitteen vaurioituttua jouduttiin mittaus tekemään käsikäyttöisesti kerran päivässä. Jokaisen mittauskerran jälkeen lämpötilat tallennettiin levykkeelle myöhempää analysointia varten.

Lämpötila-antureista 27 kpl oli paaleissa ja loput kolme kappaletta siten, että yksi mittasi ulkolämpötilaa kuormapressun alla, yksi auringonvalossa ja yksi varjossa. Termoparilangat asennettiin välittömästi paalien varastoinnin jälkeen. Syyssadon paaleista ei sisälämpötilan mittausta katsottu tarpeelliseksi ilmojen viilenemisen takia. Termoparilanka työnnettiin paalin päädystä 60 cm:n syvyyteen 4 mm paksun metallipuikon avulla. Termoparilanka sijoitettiin 10 cm paalin yläreunasta alaspäin, koska paalin pintakerros reagoi ulkolämpötilan vaihteluihin herkemmin kuin sisäosa. Lisäksi suurin osa pyöröpaalin rehusta on pintarehua.

Rehun jäätymistä tutkittiin kahden paalin avulla, joista ensimmäinen oli kuiva kesäsdon ja toinen märkä syyssadon paali. Kumpaankin paaliin kiinnitettiin kuusi lämpötila-anturia siten, että kolme anturia kiinnitettiin 10 cm:n välein paalin yläreunasta alaspäin ja kolme anturia 10 cm:n välein paalin alareunasta ylöspäin (kuva 26). Paalien jäätymistä selvittävä mittaus alkoi 23.10. ja päättyi 31.12. 1991.



**Kuva 26.**

Anturien sijainti paaleissa. Anturien syvyys paalin päädystä 60 cm.

**Figure 26.**

Placing of temperature sensors in the round bales. The sensors were at 60 cm depth from the bale end.

### 2.2.9. Rehunäytteiden otto ja analysointi

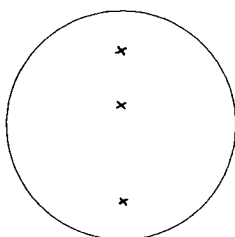
Rehunäytteitä otettiin kolmena eri ajankohtana. Rehunäytteet otettiin näytteenottokairalla, jota pyöritettiin porakoneella. Kairalla otettu 200 - 300 g näyte pakattiin paalikoodilla varustettuun muovipussiin ja se suljettiin tiiviisti metallisella sulkimella. Näytteet

siirrettiin pakastimeen, josta ne vietiin analysoitaviksi Valion laboratorioon Pitäjänmäelle.

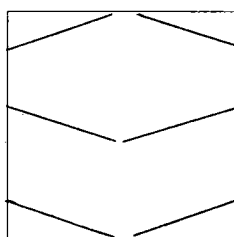
Raaka-ainenäyte otettiin jokaisesta paalista heti paalauksen jälkeen. Näyte kairattiin vaipan puolelta paalin keskeltä. Tästä raaka-ainenäytteestä määritettiin rehun kuiva-ainepitoisuus, raakavalkuainen, raakakuitu, täyttävyys, korvausluku ja sulava raakavalkuainen.

Varsinaiset rehun säilönnällistä laatua selvittävät näytteet otettiin kaikista kevät-, kesä- ja syyssadon paaleista 11. - 13.11.-91. Jokaisesta paalista otettiin kolme näytettä paalin päädyistä kairaten kuvan 27 mukaisesti.

Päädystä katsottuna  
*Seen from the end*



Vaipan puolelta  
*Seen from the jacket*



**Kuva 27.**

Näytteenottokohdat paalissa ja kairaustapa paalissa.

**Figure 27.**

*Sampling places and way of drilling samples in the bales.*

Toiset rehun säilönnällistä laatua koskevat näytteet otettiin vajaan viiden kuu-

kauden kuluttua edellisestä näytteestä eli 6.4.-92. Toisella näytteenottokerralla oli analysoitavia näytteitä 238 kpl eli yksi näyte paalia kohti. Näyte porattiin keskeltä paalin vastakkaisesta päädyistä ensimmäiseen näytteenottokertaan verrattuna. Toisella näytteenottokerralla rehuista analysoitiin samat tekijät kuin ensimmäiselläkin kerralla.

Huhtikuussa 1992 näytteenoton jälkeen osa paaleista punnittiin uudelleen varastoinnin aikana tapahtuneen painohäviön selvittämiseksi. Punnitsemisen jälkeen kiedontamuovi poistettiin ja mahdollinen pinta- sekä sisähomeen määrä arvioitiin. Myös rehun laatu arvioitiin aistinvaraisesti.

Pyöröpaalatun säilörehun homeutumisriskiä selittävien tekijöiden määrittämiseksi otettiin marraskuussa ja huhtikuussa rehunäytteenottokertojen yhteydessä kumpanakin ajankohtana 33 näytettä. Näyte otettiin paalin päädyn yläosasta (10 cm paalin yläpinnasta alaspäin). Homenäytteet analysoitiin Kuopion aluetyöterveyslaitoksella. He käyttävät näytteitä oman tutkimuksensa aineistona, joka käsittelee pyöröpaalatun rehun homeutumista.

Voihappobakteeri-itiöiden määrittämiseksi otettiin marraskuussa ja huhtikuussa 18 näytettä rehunäytteenottokertojen yhteydessä. Näyte otettiin samalta etäisyydeltä paalin pinnasta kuin homenäyte.

## 2.2.10. Rehun laadun määrittäminen ja arvostelu

VALIOssa on kehitetty menetelmä, jolla pystytään määrittämään rehun laatu nopeasti /31/. Rehunäytteen puristemehusta mitataan pH. Puristemehuun lisätään suolahappoa, jotta pH saadaan laskemaan alle 2. Tämän jälkeen titrataan natriumhydroksidia käyttäen

niin pitkälle, että pH nousee 12. Emästä lisätään hyvin lyhyin väliajoin ja samalla mitattu pH-arvo talletetaan tietokoneen muistiin. Näin saadusta titrauskäyrästä voidaan määrittää maitohapon, etikkahapon, sokereiden, aminohappojen karboksyyliyhymien ja valkuaisen hajoamistuotteiden  $\text{NH}_2$ - ja  $\text{NH}$ -ryhmien määrät. Lisäksi syljen määrä, joka tarvitaan rehukilon pH:n kohottamiseen 6,5 ja jolloin pötsi toimii parhaiten, voidaan arvioida.

**Taulukko 5.** Nurmisäilörehun laadun vertailutiedot.

**Table 5.** *The Finnish dairy co-operation's criteria for good silage, also used in this study. All results within the target area = outstanding quality. All results within the basic area = good quality. Most results within, but some results outside the basic area = satisfactory quality.*

	Tavoitealue <i>Target area</i>	Perusalue <i>Basic area</i>
Rehun pH <i>pH</i>	3,75 - 4,0 <sup>1)</sup>	3,65 - 4,2 <sup>1)</sup>
Maitohappoa g/kg <i>Lactic acid g/kg w.b.</i>	8 - 18	5 - 22
Etikkahappoa g/kg <i>Acetic acid g/kg w.b.</i>	0 - 4	0 - 7
Vapaita happoja g/kg <i>Free acids g/kg w.b.</i>	7 - 16	5 - 20
Sokeria g/kg <i>Sugar g/kg w.b.</i>	yli 15	yli 5
Ammoniakkia + amiineja % valkuaisen hajoamistuotteista <i>Ammonia + amines % of the protein's deterioration products</i>	0 - 25	0 - 33

1) pätee, jos kuiva-ainepitoisuus on 22 %  
1) valid for if the dry matter content is 22 %

Jos kaikki tulokset ovat tavoitealueella, rehu on säilynyt erinomaisen hyvin (taulukko 5). Rehu on säilynyt hyvin, kun kaikki tulokset ovat perusalueella. Rehu on tyydyttävää, vaikka pari analyysitulosta onkin perusalueen ulkopuolella. Kuitenkin usein poikkeavat tulokset viittaavat maittavuuden ja rehuarvon heikkenemiseen.

### 2.2.11. Sää kenttäkokeiden aikana

Ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin yhdellä termohygrografilla, joka oli sijoitettu varastointipaikalle 10 cm korkeudelle maanpinnasta sälekaappiin. Lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja sademäärän mittaus oli jatkuvaa välillä 18.6. - 13.10.1991.

Mittaustulokset on taulukossa 6 luettu piirturin käyrältä hetkellisinä arvoina klo 9, 12, 15 ja 18. Keskimääräinen päivälämpötila ja suhteellinen kosteus oli keväsatoa korjattaessa 18,0 °C ja 70 %, kesäsatoa korjattaessa 25,5 °C ja 60 % sekä syysatoa korjattaessa 11,0 °C ja 87,5 %.

**Taulukko 6.** Ilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja sademäärä korjuupäivinä.**Table 6.** Air temperature, relative humidity and rainfall on harvesting days in first, second and third cut.

KEVÄTSATO FIRST CUT												
Päivä Day	17.6.				19.6.				20.6.			
Kello Time	9	12	15	18	9	12	15	18	9	12	15	18
Lämpötila °C Temperature °C	17,0	17,5	21,0	16,0	12,0	17,0	17,0	15,0	22,0	22,0	22,5	19,0
Suhteellinen kosteus % Relative humidity %	80,0	71,0	67,5	80,0	88,0	73,0	74,0	80,0	65,0	56,0	47,5	57,5
Sademäärä Rainfall	8 mm				0 mm				0 mm			
KESÄSATO SECOND CUT												
Päivä Day	31.7.				1.8.				2.8.			
Kello Time	9	12	15	18	9	12	15	18	9	12	15	18
Lämpötila °C Temperature °C	24,0	28,5	26,0	25,5	25,0	28,0	25,0	23,5	23,5	27,5	25,0	24,0
Suhteellinen kosteus % Relative humidity %	75,0	50,0	47,0	60,0	68,0	55,0	53,0	63,0	74,0	55,0	50,0	70,0
Sademäärä Rainfall	0 mm				0 mm				0 mm			
SYYSSATO THIRD CUT												
Päivä Day	23.9.				24.9.				25.9.			
Kello Time	9	12	15	18	9	12	15	18	9	12	15	18
Lämpötila °C Temperature °C	10,0	11,0	11,5	9,5	11,0	12,0	11,5	8,5	10,5	13,0	13,0	12,0
Suhteellinen kosteus % Relative humidity %	90,0	83,0	81,0	86,0	92,0	83,0	80,0	98,0	98,0	85,0	85,0	86,0
Sademäärä Rainfall	0 mm				7 mm				3 mm			

### 2.2.12. Tulosten laskeminen ja tilastollinen käsittely

Raaka-ainenäytteiden sekä marras- ja huhtikuun rehunäytteiden tulosten laskeminen ja tilastollinen käsittely tehtiin SYSTAT -tilasto-ohjelmaa käyttäen. Koejärjestelyinä käytettiin kolmesuuntaista faktorikoetta, ja koejärjestelyn mukaisesti aineisto analysoitiin varianssianalyysillä. Faktorin tasojen keskiarvojen väliset erot testattiin Bonferronin -testillä. Keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä, kun keskiarvot on merkitty taulukoissa eri kirjaimin. Tilastollisen merkitsevyyden voimakkuutta kuvataan tähdillä: \* = melkein merkitsevä ( $0,01 < p < 0,05$ ), \*\* = merkitsevä ( $0,001 < p < 0,01$ ) ja \*\*\* = erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ).

Paalien sisälämpötilojen analysointi tehtiin HP 9000/300 tietokoneeseen tehdyllä tilasto-ohjelmalla. Ohjelmalla piirrettiin aineistosta käyriä lämpötilan ja ajan suhteen.

### 3. TULOKSET

#### 3.1. Kiedontamuovin menekki

Muovin kulutus riippuu käytettävästä muovikerrosten lukumäärästä, paalin koosta ja tiheydestä, rehun kuiva-ainepitoisuudesta ja sadosta. Esikiristysaste vaikuttaa vain hiukan muovin kulutukseen, koska esikiristysasteen lisääminen kaventaa muovikalvoa ja tällöin kierrosmäärä paalia kohti on suurempi.

**Taulukko 7.** Kiedontamuovin kulutus metreinä ja grammoina paalia kohti sekä täydestä muovirullasta saatava paalien kokonaismäärä.

Paalin koko 1,2 m • 1,2 m. Paaleja 81 kpl. Vk on vaihtelukerroin.

**Table 7.** Consumption of wrapping-plastic in meters and grams per bale as well as number of bales that can be wrapped with one roll of plastic. Size of bale is 1,2 m • 1,2 m. Total number of bales 81. Vk is standard deviation/mean.

Muovikerroksia Plastic layers	Muovia/paali Plastic/bale			Paalia/täysi rulla Bales/plastic roll kpl	Kustannus/paali Cost/bale mk
	vk m	%	g		
2+2=4	55,4	4,8	668	32	10
2+2+2=6	75,3	5,3	908	23	14
2+2+2+2=8	113,6	4,2	1369	15	22

Neljällä muovikerroksella kiedotut paalit olivat erittäin arkoja rikkoutumaan paalien käsittely- ja varastointivaiheessa. Lisäksi limityshäiriön sattuessa paaliin saattoi jäädä kohtia, joissa oli ainoastaan 2-3 muovikerrosta.

Kuuteen muovikerrokseen kiedottuihin paaleihin kului suhteessa hiukan vähemmän muovia kuin neljään ja kahdeksaan muovikerrokseen kiedottuihin paaleihin. Vaihtelu kerrosmäärän sisällä oli vähäistä. Kuusi muovikerrosta antoi huomattavasti paremman suojan reikiintymistä vastaan kuin neljä muovikerrosta. Häiriöiden sattuessa paalin ohuimpaan muovikerroskohtaan jäi vielä riittävä kerrospaksuus.

Kahdeksan muovikerrosta antaa kestävimmän suojan ulkopuolisia kolhuja vastaan sekä riittävän kerrospaksuuden myös limityshäiriön sattuessa. Kuuteen muovikerrokseen verrattuna kahdeksasta kerroksesta saatava hyöty kestävämmän ulkopinnan suhteen ei kuitenkaan vastaa muovikustannuksen nousua, joka oli 8 mk/paali.

#### 3.2. Paalin tiheys

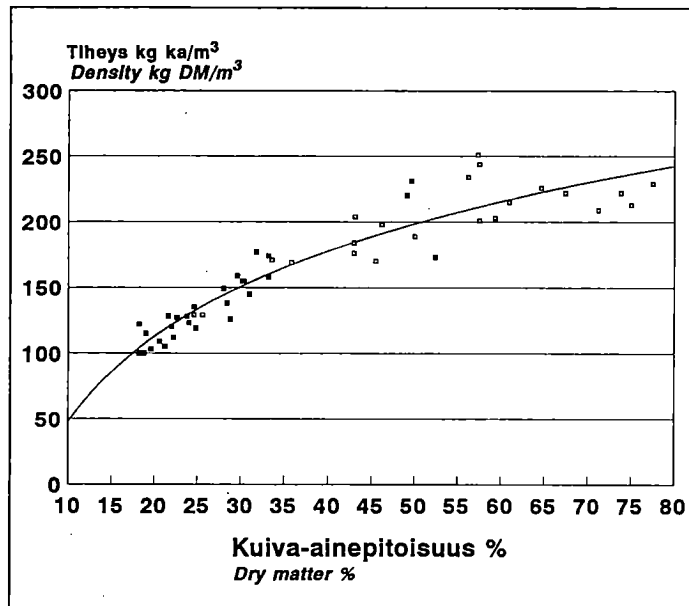
Kokeessa rehun kuutiopaino (kuva 28) vaihteli hyvin paljon rehun kuiva-ainepitoisuuden mukaan. Märän, alle 20 % kuiva-ainepitoisuudessa paalatun rehun kuutiopaino oli 100 kg kuiva-ainetta. Kun kuiva-ainepitoisuus oli 40 - 50 % oli rehun kuutiopaino 170 - 200 kg kuiva-ainetta.

**Kuva 28.**

Paalien tiheys rehun kuiva-ainepitoisuuden funktiona.

**Figure 28.**

Density of bales as a function of dry matter.



### 3.3. Korjuumenetelmän työmenekki

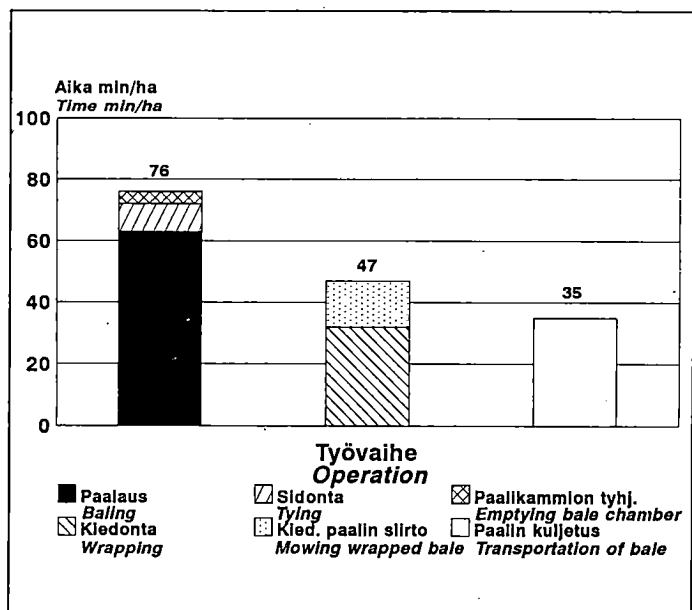
Paalaukseen kului keskimäärin 3 min 38 s/paali, josta 28 s kului sidontaan ja 10 s paalikammion tyhjentämiseen. Paalausta hidasti kapea rehukarho, huonohko sato ja märkä rehu. Sen sijaan paalien kuljetus, kiedonta ja siirto varastopaikalle sujui joutuisasti (kuva 29).

**Kuva 29.**

Työmenekit työvaiheittain korjattaessa rehua pyöröpaali-kiedontamenetelmällä. Paalien kuljetusmatka oli 100 m, ja sato 19 t/ha (kuiva-ainesato 2,9 t/ha). Mittaushavaintoja 21 kpl työvaihetta kohti.

**Figure 29.**

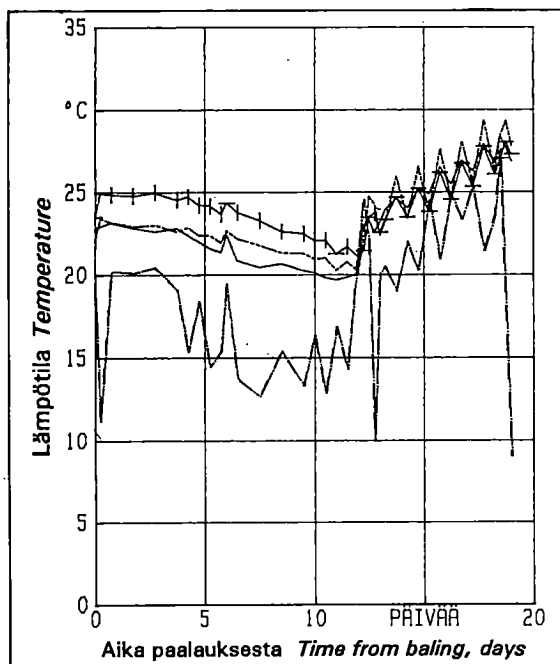
Labour requirement in silage making using the round bale wrapping method. The transportation distance for the bales was 100 m and the yield 19 t/ha (2,9 t DM/ha). The duration of each operation was measured 21 times.



### 3.4. Rehun lämpötilanmittaukset

#### 3.4.1. Kevätsato

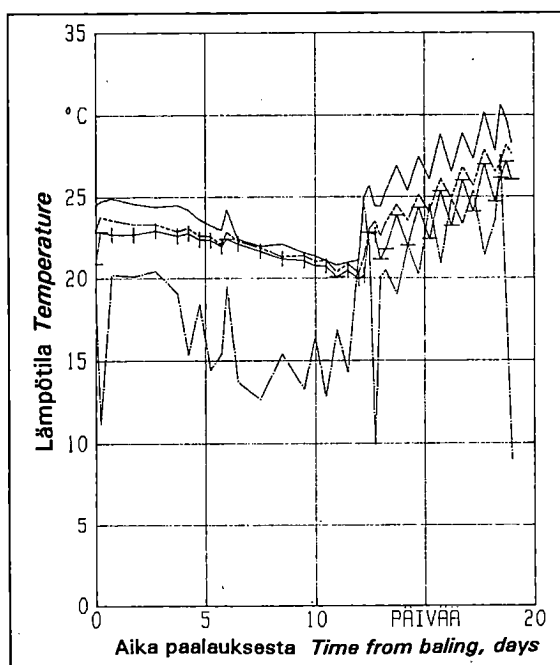
Paalin pintaosan rehun lämpötila seuraa pienellä viiveellä ulkolämpötilaa. Säilöntäaineiden kanssa tehdyissä kevätsadon paaleissa rehun lämpötila 10 cm etäisyydellä paalin pinnasta pysyi lähes samana koko mittausajanjakson (kuva 30). Vaikka ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa rehun lämpötila oli ensimmäisen viikon aikana paalauksesta 2 -3 °C korkeampi verrattuna säilöntäaineen kanssa tehtyihin paaleihin, se ei ole kuitenkaan osoituksena liiasta rehun lämpenemisestä. Kahden viikon kuluttua paalauksesta pintarehun lämpötilat kohosivat lähinnä ulkoilman vaikutuksesta säilöntätavasta riippumatta.



AIV-2 ———  
 AIV-4 - - - -  
 Ei säilöntäainetta +++++  
 No additive  
 Ulkolämpötila - · - · -  
 Outside temperature

**Kuva 30.**  
 Rehun lämpötila eri säilöntätavoilla tehdyissä paaleissa.

**Figure 30.**  
 Temperature of silage bales of first cut made with different additives (components of additives: see note to table 3). The temperature was measured 10 cm under the bale surface.



4 muovikerrosta ———  
 plastic layers  
 6 muovikerrosta - - - -  
 plastic layers  
 8 muovikerrosta +++++  
 plastic layers  
 Ulkolämpötila - · - · -  
 Outside temperature

**Kuva 31.**  
 Muovikerrosten vaikutus paalirehun lämpötilaan.

**Figure 31.**  
 Effect of number of plastic layers on the temperature 10 cm under the bale surface. First cut.

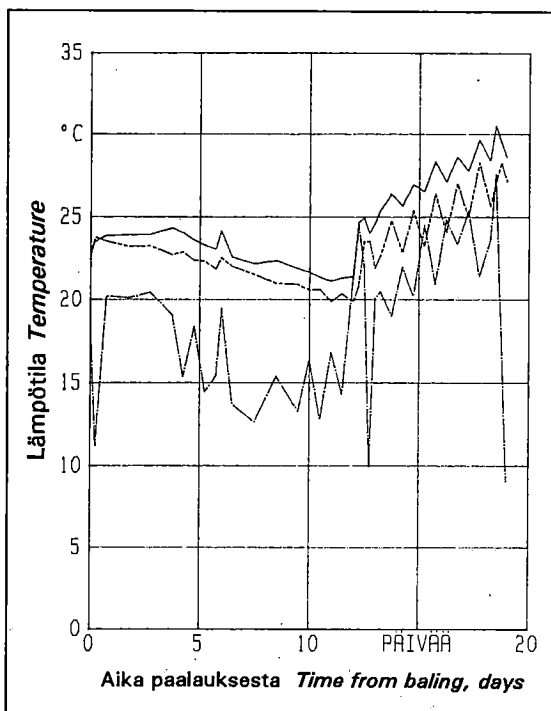
Myös muovikerrosten määrä vaikuttaa paalirehun pintaosan lämpötilaan. Paalien lämpötilojen ero oli 1 - 3 °C mittausjakson aikana verrattaessa neljän ja kuuden muovikerroksen sisään kiedottuja paaleja (kuva 31). Sen sijaan kahdeksaa muovikerrosta käytettäessä rehun lämpötila oli lähes sama kuin kuutta muovikerrosta käytettäessä. Ulkoilman läpenemisen vaikutus rehun lämpötilaan näkyy selvästi mittausjakson loppuvaiheessa.

Seurattaessa varastointitavan vaikutusta paalirehun pintaosan lämpötilaan, havaitaan suojapeitteen käytön kohottaneen rehun lämpötilaa varsinkin mittausjakson loppuvaiheessa ulkolämpötilan noustessa 25 °C verrattuna ilman peitettä varastoituihin paaleihin (kuva 32).

Peitto ———  
 Tarpaulin  
 Ei suojaa - - - -  
 Without cover  
 Ulkolämpötila - - - -  
 Outside temperature

**Kuva 32.**  
 Varastointitavan vaikutus rehun lämpötilaan.

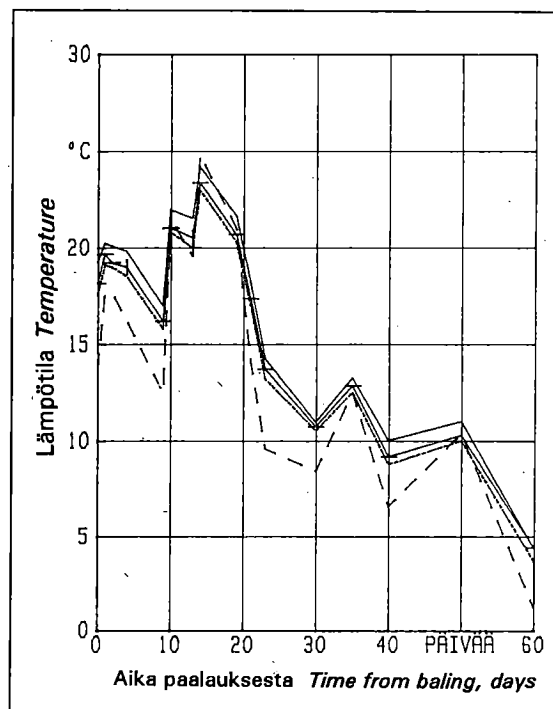
**Figure 32.**  
 Effect of covering the bales with a tarpaulin on the temperature 10 cm under the bale surface. First cut.



AIV-2 ++++++  
 AIV-4 - - - -  
 Ei säilöntäainetta ———  
 No additive  
 Ulkolämpötila - - - -  
 Outside temperature

**Kuva 33.**  
 Säilöntäaineen vaikutus kesäsadon rehun lämpötilaan.

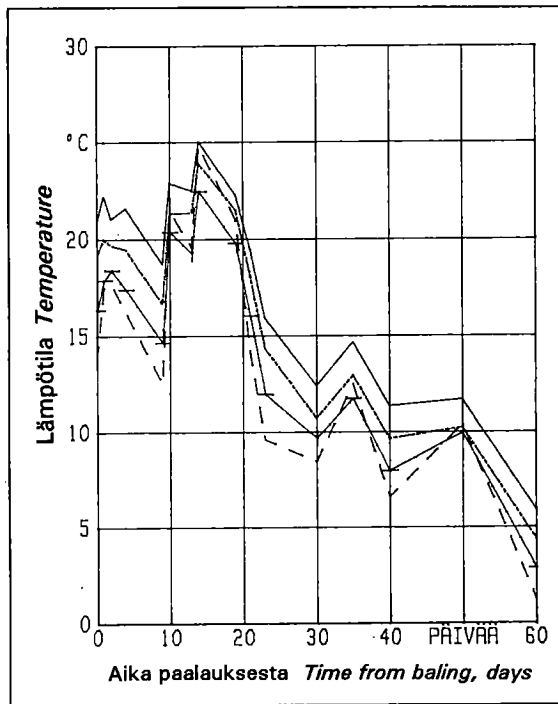
**Figure 33.**  
 Temperature of silage bales of second cut made with different additives (see note to table 3). The temperature was measured 10 cm under the bale surface.



### 3.4.2. Kesäsato

Kesäsadon paaleissa lämpötilaero eri säilöntävaihtoehtojen välillä oli hyvin pieni koko 60 päivän mittausjakson aikana paalauksen jälkeen (kuva 33). Anturit oli sijoitettu vastaa- vasti kuten keväsadon paaleissa ts. 10 cm etäisyydelle paalin pinnasta.

Neljää muovikerrosta käytettäessä paalin pintaosan rehun lämpötila oli keskimäärin 1 - 1,5 °C korkeampi kuin kuutta muovikerrosta käytettäessä (kuva 34). Alhaisin rehun lämpötila oli kahdeksaa muovikerrosta käytettäessä.



4 muovikerrosta  
plastic layers

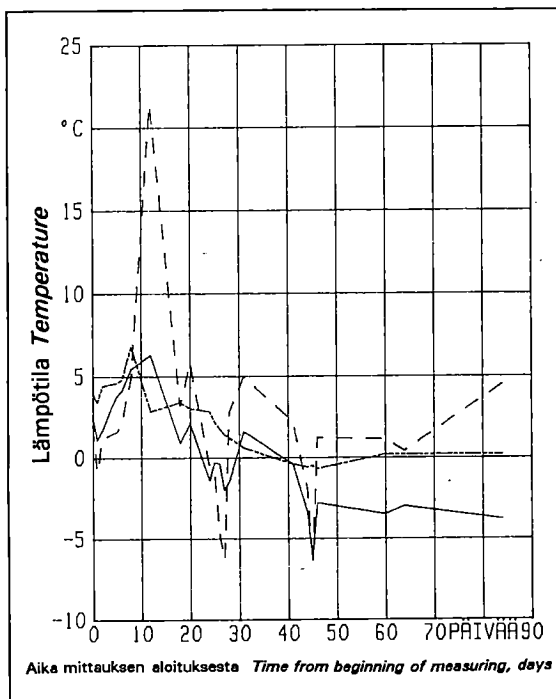
6 muovikerrosta  
plastic layers

8 muovikerrosta  
plastic layers

Uikolämpötila  
Outside temperature

**Kuva 34.**  
Muovikerrosten vaikutus kesäsadon rehun lämpötilaan.

**Figure 34.**  
Effect of number of plastic layers on the temperature 10 cm under the bale surface. Second cut.



Kuiva paali  
Dry bale

Märkä paali  
Wet bale

Uikolämpötila  
Outside temperature

**Kuva 35.**  
Kuivana (ka 72,5 %) ja märkänä (ka 16,4 %) paalattun rehun lämpötilat.

**Figure 35.**  
Temperature of a dry (DM 72,5 %) and a wet bale (DM 16,4 %) 10 cm under the bale surface.

Kesäsadon rehussa suojapeitteellä peitettyjen paalien pintarehun lämpötila oli lähes sama kuin ilman peitettä varastoitujen paalien. Hyvin pieneen lämpötilaeroon vaikutti osaltaan viileämpi ulkoilma kuin kesän alussa, jolloin kevätsadon rehuissa lämpötilaerot olivat suurempia.

Kesäsadon kuivana paalattun paalin yläosan pintarehun lämpötila oli mittausjakson 30 viimeisen päivän aikana keskimäärin noin 3 °C alhaisempi verrattuna syysadon märkänä

korjattuun rehuun (kuva 35). Paalien keski- ja pohjaosassa lämpötilaero oli edellä mainittua pienempi. Kumpikaan paali ei jäänyt edes pintaosastaan, koska alkutalvi oli leuto.

### 3.5. Säilörehun raaka-aineen kemiallisen koostumuksen vaihtelu eri sadoissa

Rehun koostumukseen vaikutti kasvuston koostumuksen lisäksi myös niittomurskaus, esikuivaus ja paalaus, sillä raaka-ainenäyte otettiin juuri ennen paalin kiedontaa (taulukko 8).

**Taulukko 8.** Kevät-, kesä- ja syysadon paalien raaka-aineiden kemiallinen koostumus.

*Table 8. Composition of grass in first, second and third cut.*

		Kevätsato n=81 <i>First cut</i>	Kesäsato n=76 <i>Second cut</i>	Syysato n=81 <i>Third cut</i>
Kuiva-aine %	x	25,8	53,9	17,4
DM %	s	4,8	16,9	1,1
Raakavalk. %/ka	x	16,7	17,3	15,5
Crude protein %/DM	s	2,9	3,9	1,8
Raakakuitu %/ka	x	23,2	25,8	23,5
Crude fibre %/DM	s	1,4	4,1	1,9
Srv g/ry	x	164,2	175,3	156,6
Digest. crud. prot. g/f.u.	s	19,5	21,1	11,4
Täyttyvyys kg ka/ry	x	1,3	1,5	1,4
kg DM/f.u.	s	0,0	0,1	0,1
Korvausluku kg/ry	x	5,4	4,0	7,9
kg feed/f.u.	s	1,0	2,0	0,6

*f.u.* = feed unit, defined as the net energy of 1 kg barley

x = keskiarvo s = keskihajonta n = paalimäärä

x = average s = standard deviation n = number of bales

Tavoitteena pidettiin 30-40 %:n kuiva-ainepitoisuutta. Eri satojen saavutettu kuiva-ainepitoisuus kuitenkin vaihteli huomattavasti, johon vaikutti lähinnä erilaiset korjuusajat. Lähimmäksi vähimmäistavoitteenä pidettyä 30 % kuiva-ainepitoisuutta päästiin kevätsadossa. Kesäsadossa rehu kuivui hyvien sääolosuhteiden ansiosta odotettua nopeammin, jolloin keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus kohosi peräti 53,9 %:iin. Syysatota korjattaessa sää oli viileää ja sateista, jolloin esikuivaus epäonnistui täysin, ja rehu jouduttiin paalamaan hyvin märkänä. Keskimääräiseksi kuiva-ainepitoisuudeksi muodostui 17,4 %. Saavutettuun kuiva-ainepitoisuuteen oli sään ohella vaikutusta myös kapealla niittomurskaimella, jonka ohut karho kuivui aurinkoisella säällä erittäin nopeasti ja kastui helposti läpeensä pienenkin sadekuuron sattuessa. Koska kesän aikana saatujen paalien kuiva-ainepitoisuus vaihteli, voidaan tarkastella tavoitteellista kuiva-ainealuetta, joka soveltuu parhaiten pyöröpaalaukseen.

Raakavalkuaista oli eniten kesäsadon rehuissa, 17,3 %/ka ja vähiten syysadon rehuissa, 15,5 %/ka. Raakakuitua oli runsaimmin kesäsadon rehuissa 25,8 %/ka. Kevät- ja syysa-

dossa raakakuitua oli reilut kaksi %-yksikköä vähemmän kuin kesäsadossa. Sulavaa raakavalkuaista oli syysadossa noin 19 g vähemmän ja kevätsadossa noin 11 g vähemmän kuin kesäsadossa. Eri satojen täyttävyydet olivat jotakuinkin samoja, mutta korvausluvuissa oli suuria eroja etenkin syysadon ja kesäadon välillä.

Kevät-, kesä- ja syysadon säilönnällistä laatua kuvaavien näytteiden tulokset eivät ole tässä tutkimuksessa täysin vertailukelpoisia keskenään, koska eri satojen raaka-aineiden kemiallisessa koostumuksessa oli huomattavia eroja. Lisäksi paalien varastointiajat ovat eri pituisia, johtuen erilaisista korjuuajankohdista, jolloin sään vaikutus on ollut erilainen eri korjuuajankohdan paaleille. Edellä mainittujen vaikutusten eliminoimiseksi kevät-, kesä- ja syysadon on tässä tutkimuksessa tarkasteltu omana kokonaisuutenaan.

### **3.6. Kevät-, kesä- ja syysadon paalien raaka-aineiden kemiallinen koostumus**

Koeasetelman mukaan kaikki saman kerranteen ja yhtä moneen muovikerrokseen kiedotut paalit on paalattu peräkkäin. Mikäli raaka-aineen koostumus on vaihdellut lohkon eri osissa, yhtä moneen muovikerrokseen kiedottujen paalien raaka-aineen koostumus on yhtenäisempi kuin eri määrällä muovia kiedottujen paalien. Asian esittämisen helpottamiseksi peräkkäin paalattujen paalien ryhmää on kuvattu muovikerrosten lukumäärällä. Näiden ryhmien raaka-aineen koostumusten välisiä eroja on tutkittu varianssianalyysillä. Mikäli ryhmien raaka-aineiden koostumuksissa on tilastollisesti merkitseviä eroja, tulee se huomioida arvioitaessa kiedontakerrosten lukumäärän vaikutusta rehun säilönnälliseen laatuun.

#### **3.6.1. Kevätsato**

Kevätsadossa kuiva-ainepitoisuus vaihteli 22,6 % ja 29,6 % välillä. Raakavalkuaispitoisuus vaihteli 13,4 %/ka ja 19,1 %/ka välillä ja raakakuitupitoisuus oli 21,8-25,3 %/ka (taulukko 9).

Raakakuitu- ja -valkuaisarvojen perusteella kevätsadon korjuuajankohta on osunut jokseenkin kohdalleen sillä HAKKOLAn (1987) mukaan oikeaan aikaan korjatussa säilörehussa on raakavalkuaista 16-18 %/ka ja raakakuitua 24-27 %/ka. Alhaisen raakakuitupitoisuuden perusteella kasvusto on kuitenkin ollut varsin nuorta, ja sen vuoksi satotaso on hieman kärsinyt mutta toisaalta se on korjuumenetelmän kannalta toivottavaa, koska hento kasvusto tiivistyy paalikammiossa enemmän kuin korsiintunut nurmi, jolloin hengitys- ja käymisongelmien vaara pienenee (NYSAND 1989).

Kevätsadossa eri määriin muovikerroksia kiedottujen paalien raaka-aineiden koostumuksissa ei esiintynyt tilastollisesti merkitseviä eroja, joten kevätsadon eri koejäsenten raaka-aine oli varsin tasalaatuista.

**Taulukko 9.** Kevätsadon paalien raaka-aineen koostumus.**Table 9.** *Composition of grass in first cut.*

	Kuiva-aine % DM %	Raakavalk. %/ka Crude protein %/DM	Raakakuitu %/ka Crude fibre %/DM
A1 B1 C1	24,7	16,8	23,4
C2	22,8	17,0	24,1
C3	26,1	15,9	23,2
B2 C1	26,5	18,6	22,4
C2	23,4	19,1	22,0
C3	24,5	18,1	23,2
B3 C1	28,1	13,4	24,5
C2	26,1	17,2	22,4
C3	29,6	14,3	23,0
A2 B1 C1	24,0	18,7	22,9
C2	25,9	16,2	23,5
C3	23,9	17,2	23,3
B2 C1	24,7	18,7	23,5
C2	26,9	16,0	22,6
C3	24,3	15,4	23,5
B3 C1	24,3	18,3	22,6
C2	28,7	16,2	22,1
C3	26,8	14,5	24,2
A3 B1 C1	24,3	17,3	25,3
C2	25,1	18,3	23,6
C3	22,6	17,5	23,2
B2 C1	28,7	15,7	21,8
C2	25,5	14,9	24,3
C3	26,1	16,5	22,9
B3 C1	27,2	16,8	23,0
C2	28,1	15,6	23,4
C3	27,0	15,8	23,8

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil. ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = storage under tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = storage under bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = storage without cover

### 3.6.2. Kesäsato

Kesäsadon rehu oli erittäin pitkälle esikuivunutta ja kuiva-ainepitoisuuden vaihtelu oli kesäsadon paaleissa huomattavaa. Raakavalkuainepitoisuus oli 13,5-20,9 %/ka ja raakakuitupitoisuus 23,1-28,7 %/ka, joten kesäsato on korjattu hyvin lähellä oikeaa ajankohtaa (taulukko 10).

Kesäsadossa raaka-aineen koostumuksen vaihtelu oli suurta. Eri määriin muovikerroksia kiedottujen paalien raaka-aineen raakavalkuaisen ja raakakuidun erot olivat tilastollisesti merkitsevät. Erityisesti suuri raakakuitupitoisuus on merkki korsiintuneesta kasvustosta, joka puolestaan lisää paaliin jäävää ilman määrää, jolloin hengitys ja käymisongelmien vaara kasvaa (NYSAND 1989). Raakakuitupitoisuus oli korkein neljään muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa.

**Taulukko 10.** Kesäsadon paalien raaka-aineen koostumus.

*Table 10.* Composition of grass in second cut.

	Kuiva-aine % DM %	Raakavalk. %/ka Crude protein %/DM	Raakakuitu %/ka Crude fibre %/DM
A1 B1 C1	54,9	16,0	27,7
C2	62,3	15,0	27,9
C3	57,4	15,5	26,9
B2 C1	42,4	20,3	23,8
C2	40,3	20,9	24,1
C3	48,1	20,7	24,2
B3 C1	53,2	18,5	23,3
C2	52,1	17,9	24,5
C3	50,3	18,7	23,1
A2 B1 C1	55,6	15,1	27,2
C2	54,1	16,4	26,9
C3	57,6	16,2	27,8
B2 C1	45,5	18,8	24,0
C2	48,2	18,3	23,7
C3	47,0	18,6	24,3
B3 C1	47,4	18,4	23,9
C2	67,4	13,5	27,9
C3	69,9	14,7	26,7
A3 B1 C1	48,9	15,8	27,3
C2	58,0	18,0	25,9
C3	53,3	16,5	28,7
B2 C1	60,8	14,9	27,8
C2	47,3	19,0	24,7
C3	52,8	19,8	23,3
B3 C1	71,2	14,9	27,0
C2	61,3	15,0	27,1
C3	66,7	16,0	27,3

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil. ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = storage under tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = storage under bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = storage without cover

### 3.6.3. Syyssato

Syyssadon paalit paalattiin osittain sateella, jolloin raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus oli erittäin alhainen ja sen vaihtelu vähäistä. Raakavalkuainen vaihteli 14,4 %/ka ja 17,1 %/ka välillä ja raakakuitupitoisuus 21,6 %/ka ja 25,9 %/ka välillä. Syyssadon kasvusto on ollut nuorta mutta sadon määrän ja nurmen talvehtimisen kannalta korjuuajankohta on ollut oikea (taulukko 11).

**Taulukko 11.** Syyssadon paalien raaka-aineen koostumus.

*Table 11. Composition of grass in third cut.*

	Kuiva-aine % DM %	Raakavalk. %/ka Crude protein %/DM	Raakakuitu %/ka Crude fibre %/DM
A1 B1 C1	17,2	16,4	24,3
C2	17,4	14,4	24,4
C3	17,0	15,7	22,5
B2 C1	18,5	14,9	22,9
C2	16,8	15,1	24,0
C3	18,5	14,6	23,7
B3 C1	18,2	15,6	23,1
C2	17,0	16,1	23,6
C3	17,7	15,3	23,4
A2 B1 C1	18,0	16,6	21,7
C2	18,4	14,5	24,7
C3	16,8	14,9	23,8
B2 C1	17,6	16,3	23,3
C2	17,0	17,1	22,3
C3	17,7	15,2	22,9
B3 C1	16,8	16,7	21,6
C2	18,1	15,6	23,3
C3	17,3	14,6	24,8
A3 B1 C1	17,6	14,7	24,0
C2	17,9	14,5	25,9
C3	17,3	15,2	25,1
B2 C1	17,5	14,6	24,9
C2	17,2	16,6	23,3
C3	16,4	16,0	22,6
B3 C1	17,6	16,2	22,4
C2	16,5	15,4	23,3
C3	17,0	15,4	23,4

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil. ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = storage under tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = storage under bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = storage without cover

Eri määriin muovikerroksia kiedottujen syyssadon paalien raaka-aineen koostumuksessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, joten syyssadon eri koejäsenten raaka-aine oli erittäin tasalaatuista.

### **3.7. Säilörehun säilönnällinen laatu**

Ensimmäiset säilörehun säilönnällistä laatua koskevat näytteet otettiin 11. - 13. marraskuuta 1991. Tällöin kevätsadon varastointiaika oli 145 pv, kesäsadon 103 pv ja syyssadon 49 pv. Toiset säilörehun säilönnällistä laatua koskevat näytteet otettiin 6. huhtikuuta 1992. Tällöin kevätsadon varastointiaika oli 291 pv, kesäsadon 249 pv ja syyssadon 195 pv.

#### **3.7.1. Kevätsato**

Kevätsadosta tehdyn rehun pH-arvot olivat yleensä korkeita. Selvä ero oli kuitenkin säilöntäaineen kanssa ja ilman säilöntäainetta tehtyjen koejäsenten välillä. Varastoinnin jatkuessa pH-arvot olivat kohonneet. Kiedonta ja varastointimenetelmät eivät selvästi vaikuttaneet pH-arvoihin (taulukko 12).

Etikkahappopitoisuudet olivat selvästi korkeampia ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. Säilöntäaineiden kanssa säilötyissä paaleissa etikkahappopitoisuus oli hiukan korkeampi koejäsenissä, joissa oli käytetty AIV 2 -liuosta ja jotka oli kiedottu neljään muovikerrokseen. Varastointimenetelmällä ei ollut selvää vaikutusta etikkahappopitoisuuteen. Varastoinnin jatkuessa etikkahappopitoisuudet kohosivat erityisesti ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. Muutamissa koejäsenissä etikkahappopitoisuus vähentyi varastoinnin jatkuessa. Tämä saattaa aiheutua siitä, että erilaisten varastointiaikojen jälkeen näytteet otettiin paalin eri puolilta, jolloin rehun laatu on vaihdellut paalin eri osissa.

Vapaita happoja oli eniten AIV 4 -liuoksella säilötyissä paaleissa. Ilman säilöntäainetta ja AIV 2 -liuoksella tehdyissä paaleissa vapaita happoja oli jokseenkin saman verran. Sokeripitoisuus oli 145 päivän varastoinnin jälkeen hiukan alhaisempi ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa kuin säilöntäaineilla säilötyissä paaleissa. 291 päivän varastoinnin jälkeen sokeripitoisuus oli selvästi laskenut koejäsenissä, jotka oli säilötty ilman säilöntäainetta ja kiedottu neljään tai kuuteen muovikerrokseen. Säilöntäaineilla säilötyillä paaleissa sokeripitoisuus oli pysynyt varastoinnin jatkuessa jokseenkin ennallaan. Peiton käyttö varastoinnissa on hidastanut erityisesti AIV 2 -liuoksella ja ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien sokeripitoisuuden vähentymistä. Myös paalien kietominen kahdeksaan muovikerrokseen on hidastanut koejäsenten sokeripitoisuuden vähentymistä.

Ammoniakki- ja amiinipitoisuus on ollut kevätsadon paaleissa yleensä korkea. Ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa ammoniakki- ja amiinipitoisuus oli selvästi korkeampi kuin säilöntäaineilla säilötyissä paaleissa. Varastoinnin jatkuessa ammoniakki ja amiinipitoisuus on lisääntynyt sekä ilman säilöntäainetta, että säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa. Kuitenkin muutamissa koejäsenissä ammoniakki ja amiinipitoisuus oli vähentynyt varastoinnin jatkuessa, joka saattaa johtua siitä, että analysoitavat näytteet otettiin paalin eri päädyistä.

Taulukko 12. Kevätsadon säilönnällinen laatu marras- (I) ja huhtikuussa (II).

Table 12. Quality of first cut bale silage in November (I) and in April (II).

			pH		Maitohappo Lactic acid g/kg		Etikkahappo Acetic acid g/kg		Vapaat hapot Free acids g/kg		Sokeri Sugar g/kg		Ammon. + ammiinit Ammonia + amines %		Laatu- luokka <sup>1)</sup> Quality <sup>1)</sup>	
A1	B1	C1	4,5	4,8	13,7	11,3	4,3	4,3	8,7	7,0	19,3	25,7	30,0	26,0	2	3
		I														
		II														
	C2	II	4,7	5,3	9,3	5,3	6,0	10,0	7,7	4,7	7,0	4,3	39,7	52,3	3	3
	C3	II	5,3	4,2	7,0	12,7	5,0	3,3	4,0	10,7	10,7	20,7	32,3	14,0	2	1
B2	C1	I	4,2	4,5	16,0	13,7	2,7	3,0	10,3	8,0	27,7	25,3	18,0	25,3	1	2
		II														
	C2	II	4,7	4,4	9,0	13,7	3,3	3,3	6,3	9,0	18,0	19,3	29,7	29,3	2	2
	C3	II	4,8	5,6	10,7	6,3	3,3	5,3	6,3	4,0	16,7	11,3	27,0	40,7	2	3
B3	C1	I	4,6	4,6	11,3	11,0	3,7	3,7	7,7	7,0	27,3	25,3	23,7	28,3	1	2
		II														
	C2	II	4,6	4,6	11,7	13,7	3,3	2,3	7,0	7,3	20,0	26,7	28,7	29,0	2	2
	C3	II	4,4	4,7	11,7	11,7	2,7	4,5	7,3	7,4	26,3	22,6	22,7	30,4	1	3
A2	B1	C1	4,6	4,5	10,3	13,0	6,0	5,3	8,7	11,0	17,3	20,7	33,3	34,7	3	3
		I														
		II														
	C2	I	4,2	5,1	13,7	11,3	3,0	4,0	10,0	6,0	29,0	25,3	17,3	30,7	1	3
		II														
	C3	I	4,3	4,9	12,3	6,7	3,7	8,0	9,7	7,0	21,7	18,0	25,7	32,0	2	3
		II														
	B2	C1	4,4	4,4	13,3	11,3	4,7	5,0	10,7	10,0	19,3	14,3	26,0	34,3	2	3
		I														
		II														
	C2	I	4,5	4,6	9,3	12,0	4,3	3,3	8,7	8,7	23,0	24,0	27,0	27,3	2	2
		II														
	C3	I	4,3	4,5	10,7	12,5	3,7	4,5	9,7	9,1	17,7	23,6	26,7	21,7	2	2
		II														
	B3	C1	4,3	4,2	13,7	13,7	4,3	2,7	11,3	11,0	22,0	28,3	26,0	31,0	2	3
		I														
		II														
	C2	I	4,5	5,2	15,0	11,0	5,0	3,7	10,0	4,7	30,0	27,3	22,3	32,0	2	3
		II														
	C3	I	4,5	5,0	11,7	11,1	3,7	2,8	7,7	7,1	25,7	14,6	25,7	37,4	2	3
		II														
A3	B1	C1	4,8	5,0	15,0	11,0	5,7	7,0	7,3	5,7	15,3	7,7	40,3	45,0	3	3
		I														
		II														
	C2	I	5,0	5,4	9,7	8,7	8,3	6,0	6,6	5,0	11,7	13,3	43,0	42,7	3	3
		II														
	C3	I	4,8	5,0	9,0	9,0	7,7	9,3	8,0	7,3	9,0	4,7	43,3	48,7	3	4
		II														
	B2	C1	4,9	4,6	14,3	16,0	4,3	4,3	7,3	9,0	25,0	18,0	33,0	40,0	3	3
		I														
		II														
	C2	I	5,0	5,3	8,3	7,3	8,3	8,0	6,0	4,3	12,0	5,3	43,7	54,3	3	4
		II														
	C3	I	4,8	5,5	10,0	8,0	7,7	9,7	7,7	4,3	7,0	6,7	45,0	51,7	3	4
		II														
	B3	C1	5,1	5,2	10,3	5,3	6,7	8,7	5,7	5,7	19,3	26,3	38,7	40,0	3	3
		I														
		II														
	C2	I	4,9	5,0	12,7	14,0	5,7	6,0	6,7	6,7	17,3	22,7	39,0	37,7	3	3
		II														
	C3	I	5,1	5,1	8,0	11,5	8,7	7,6	5,3	6,5	17,3	19,6	49,0	42,3	3	3
		II														

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping \* plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping \* plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping \* plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

I = varastointi 145 päivää

I = storage time 145 days

II = varastointi 291 päivää

II = storage time 291 days

Rehun laatuluokat:

Quality:

1) Erinomaista

1) Excellent

2) Hyvää

2) Good

3) Tyydyttävää

3) Satisfactory

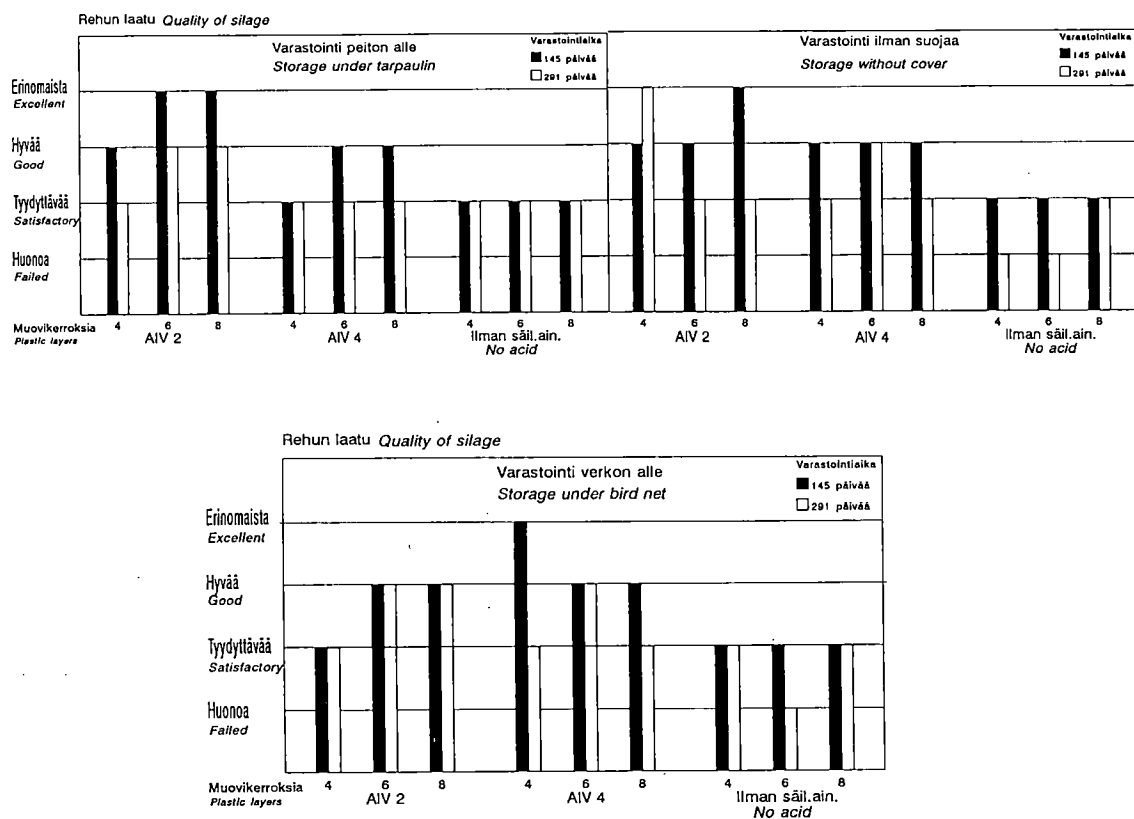
4) Huonoa

4) Failed

1) Katso taulukko 5.

1) See note to table 5.

Säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa oli keskimäärin yhtä laatuluokkaa laadukkaampaa rehua kuin ilman säilöntäainetta säilötyissä paaleissa. Kevätsadon laadukkainta ja parhaiten säilynyttä rehua saatiin koejäsenistä, jotka oli säilötty AIV 2 -liuoksella ja kiedottu 6 tai 8 muovikerrokseen sekä varastoitu peiton alle (kuva 36). AIV 4 -liuoksella säilöttyjen paalien rehun laatuun muovikerrosten lukumäärällä ja varastointimenetelmällä ei ollut yhtä selvää vaikutusta kuin AIV 2 -liuosta käytettäessä. Ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien rehu oli tyydyttävää 145 varastointipäivän jälkeen ja 291 varastointipäivän jälkeen rehu oli tyydyttävää tai huonoa. Kiedonta- ja varastointimenetelmällä ei ollut selvää vaikutusta ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien laatuun. Yhtä poikkeusta lukuunottamatta, koejäsenien laatuluokka pysyi ennallaan tai huononi yhden laatuluokan verran varastoinnin jatkuessa. Yleisin syy säilöntäaineella säilöttyjen paalien laatuluokan heikkenemiseen oli korkea ammoniakki- ja amiinipitoisuus. Ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien huonoon laatuun vaikutti korkean ammoniakki- ja amiinipitoisuuden lisäksi korkea etikkahappopitoisuus.



**Kuva 36.** Kevätsadon rehun laatu 145 ja 291 päivän varastoinnin jälkeen.

**Figure 36.** *Quality of first cut bale silage after 145 and 291 days storage.*

Eri säilöntämenetelmät vaikuttivat kevätsadossa 145 päivän varastointiaikana tilastollisesti erittäin merkittävästi pH-arvoon, etikkahapon ja vapaiden happojen sekä ammoniakki- ja amiinipitoisuuteen ja tilastollisesti melkein merkittävästi sokeripitoisuuteen. 291 päivän

varastointiaikana eri säilöntämenetelmät vaikuttivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi etikkahappo- sekä ammoniakki- ja amiinipitoisuuteen ja melkein merkitsevästi pH-arvoon. Eri kiedonta- ja varastointimenetelmillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kevätsadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin (taulukko 13).

**Taulukko 13.** Faktoreiden ja niiden yhdysvaikutusten riskitasot ja merkitsevyydet kolmesuuntaisessa varianssianalysissä kevätsadon marras- (I) ja huhtikuun (II) näytteissä.

**Table 13.** Risk levels and significance levels of factors and interaction between factors, obtained by analysis of variance of the results of chemical analysis of the samples taken in November (I) and in April (II) from the first cut bale silage.

	pH		Maitohappo		Etikkahappo		Vapaat hapot		Sokeri		Ammon. + amiinit	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A	0,000 ***	0,023 *	0,229	0,286	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,053	0,048 *	0,075	0,000 ***	0,000 ***
B	0,767	0,786	0,719	0,148	0,385	0,020 *	0,776	0,927	0,082	0,056	0,357	0,358
C	0,495	0,100	0,003 *	0,094	0,655	0,119	0,135	0,086	0,357	0,316	0,451	0,223
A*B	0,418	0,741	0,394	0,950	0,632	0,374	0,771	0,865	0,659	0,697	0,451	0,779
A*C	0,512	0,809	0,303	0,979	0,163	0,261	0,429	0,452	0,198	0,678	0,114	0,637
B*C	0,750	0,179	0,027 *	0,009 **	0,858	0,433	0,583	0,288	0,746	0,962	0,605	0,337
A*B*C	0,426	0,282	0,506	0,000 ***	0,638	0,040 *	0,570	0,282	0,999	0,551	0,952	0,011 *

Faktorit:/ Factors:

A = säilöntämenetelmä

A = additives

B = kiedontamenetelmä

B = wrapping method

C = varastointimenetelmä

C = storage method

\* = melkein merkitsevä

\* = almost significant

\*\* = merkitsevä

\*\* = significant

\*\*\* = erittäin merkitsevä

\*\*\* = very significant

I varastointiaika = 145 päivää

I storage time = 145 days

II varastointiaika = 291 päivää

II storage time = 291 days

Faktoreiden yhdysvaikutuksilla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus ainoastaan maitohappopitoisuuteen. Tälle yhdysvaikutukselle on kuitenkin vaikea löytää mielekästä tulkintaa, koska faktoreiden päävaikutuksilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta maitohappopitoisuuteen. Koska muita tilastollisesti merkitseviä faktoreiden yhdysvaikutuksia ei esiintynyt, kevätsadon paalien säilönnällistä laatua voidaan tarkastella faktoreiden eri tasojen päävaikutusten perusteella (taulukko 14).

Säilöntämenetelmä vaikutti voimakkaasti kevätsadon paalien laatuun. Säilöntäaineiden kanssa ja ilman säilöntäainetta valmistettujen paalien pH-arvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero. Alhaisin pH oli AIV 4 -liuksella säilötyissä paaleissa sekä 145 että 291 päivän varastointiajan jälkeen. Etikkahappoa oli selvästi enemmän ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa kuin säilöntäaineilla säilötyissä paaleissa 145 ja 291 päivän varastoinnin jälkeen. Varastoinnin jatkuessa AIV 2 -liuksella säilötyissä paaleissa etikkahappopitoisuus lisääntyi enemmän kuin AIV 4 -liuksella säilötyissä paaleissa. Vapaita happoja oli eniten

AIV 4 -liuoksella säilötyissä paaleissa 145 päivän varastoinnin jälkeen, mutta erot tasoutuivat varastoinnin jatkuessa. Sokeripitoisuus oli myös korkein AIV 4 -liuoksella säilötyissä paaleissa ja alhaisin ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. Ammoniakki- ja amiinipitoisuudessa oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ero säilöntäaineiden kanssa ja ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien välillä. Alhaisin ammoniakki- ja amiinipitoisuus oli AIV 4 -liuoksella säilötyissä paaleissa.

**Taulukko 14.** Kevätsadon faktoreiden eri tasojen päävaikutusten keskiarvot. Sama määrä allekkain olevia tähtiä saman faktorin sisällä ilmoittaa, että faktorin ko. tasojen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero.

**Table 14.** Means of the combinations of factors, calculated for the samples taken in November (I) and in April (II) from the first cut bale silage. The same number of asterisks in the same vertical column and within the same factor indicates that the difference between these combinations is significant.

	pH		Maitohappo		Etikkahappo		Vapaat hapot		Sokeri		Ammon. + amiinit	
	pH		Lactic acid		Acetic acid		Free acids		Sugar		Ammonia + amines	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A1	4,7 *	4,8	11,1	11,0	3,8 ***	4,4 ***	7,3 **	7,2	19,2	20,1	28,0 ***	30,6 ***
A2	4,4 ***	4,7 *	12,2	11,4	4,3 ***	4,4 ***	9,6 *** **	8,3 *	22,9 *	21,8	25,6 ***	29,2 ***
A3	4,9 * ***	5,1 *	10,8	10,1	7,0 *** **	7,4 *** **	6,7 ***	6,1 *	14,9 *	13,8	41,7 *** **	44,7 *** **
B1	4,7	4,9	11,1	9,9	5,5	6,4 *	7,9	7,1	15,7	15,6	33,9	36,2
B2	4,6	4,8	11,3	11,2	4,7	5,2	8,1	7,4	18,5	16,4	30,7	36,1
B3	4,7	4,8	11,8	11,4	4,9	4,7 *	7,6	7,0	22,8	23,7	30,6	32,2
C1	4,6	4,7	13,1 * **	11,8	4,7	4,9	8,6	8,3	21,4	21,3	29,9	31,8
C2	4,7	5,0	11,0 *	10,8	5,3	5,2	7,7	6,3	18,7	18,7	32,3	37,3
C3	4,7	5,0	10,1 **	9,9	5,1	6,1	7,3	7,0	16,9	15,7	33,0	35,4

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

\* = melkein merkitsevä

\* = almost significant

\*\* = merkitsevä

\*\* = significant

\*\*\* = erittäin merkitsevä

\*\*\* = very significant

I = varastointi 145 päivää

I = storage time 145 days

II = varastointi 291 päivää

II = storage time 291 days

Kiedontamenetelmä vaikutti tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan etikkahappopitoisuuteen, joka oli korkein neljään muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa.

Varastointimenetelmät erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan kevätsadon paalien 145 päivän varastoinnin jälkeen vain maitohappopitoisuuden suhteen. Varastoinnin jatkuessa eri varastointimenetelmillä varastoitujen paalien maitohappopitoisuuksien erot tasoittuivat.

### 3.7.2. Kesäsato

Kuiva-ainepitoisuuden lisääntyessä rehun pH nousee riippumatta siitä käytetäänkö säilöntäainetta vai ei (MOISIO ym. 1988). Kesärehujen korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta huolimatta rehun pH oli varsin alhainen säilöntäaineita, erityisesti AIV 2 -liuosta käytettäessä. Alhaiseen pH-arvoon on todennäköisesti vaikuttanut säilöntäaineiden suositusarvojen ylittäminen noin 1,5 l/t. Erityisen alhaisia pH-arvoja oli koejäsenissä, jotka oli säilötty AIV 2 -liuosta ja kiedottu kahdeksaan muovikerrokseen. Ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien pH-arvot olivat selvästi säilöntäaineen kanssa tehtyjä paaleja korkeampia (taulukko 15).

Maitohappopitoisuus oli säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa korkeampi kuin ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. 4 muovikerrosta alensi säilöntäaineen kanssa tehtyjen paalien maitohappopitoisuutta 6 tai 8 muovikerrokseen verrattuna. Varastoinnin jatkuessa maitohappopitoisuus väheni.

Etikkahappopitoisuudet olivat kesäsadon paaleissa alhaisia. Korkeimmat etikkahappopitoisuudet olivat AIV 4 -liuoksella säilötyissä paaleissa.

Vapaiden happojen määrä paaleissa oli alhainen. Ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa oli vähemmän vapaita happoja kuin säilöntäaineiden kanssa säilötyissä paaleissa. Neljään muovikerrokseen kiedotuissa ja säilöntäaineiden kanssa säilötyissä paaleissa oli vähemmän vapaita happoja kuin kuuteen tai kahdeksaan muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa. Varastoinnin jatkuessa vapaiden happojen määrä väheni.

Sokeripitoisuudet olivat kesäsadon paaleissa korkeita. Kahdeksaan muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa sokeripitoisuus oli korkeampi kuin kuuteen tai neljään muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa. Varastoinnin jatkuessa sokeripitoisuus vähentyi enemmän neljään ja kuuteen muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa kuin kahdeksaan muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa. Ammoniakki- ja amiinipitoisuudet olivat kesäsadon paaleissa alhaisia.

Taulukko 15.

Kesäsadon säilönnällinen laatu marras- (I) ja huhtikuussa (II).

Table 15.

Quality of second cut bale silage in November (I) and in April (II).

				pH	Maitohappo		Etikkahappo		Vapaat hapot		Sokeri		Ammon. + amiinit		Laatu-
				pH	Lactic acid		Acetic acid		Free acid		Sugar		Ammonia + amines		Quality <sup>1)</sup>
					g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%	%		
A1	B1	C1	I	3,6	6,3	1,3	2,3	26,3	11,0	3					3
			II	5,1	6,5	1,5	3,5	29,8	5,0	3					3
		C2	I	4,9	12,3	1,7	6,7	34,7	8,7	2					3
			II	4,0	4,7	1,0	3,5	17,0	5,5	3					3
		C3	I	3,6	5,0	1,3	4,0	20,0	3,3	3					3
			II	5,8	4,5	1,5	3,0	11,5	7,0	3					3
B2	C1	I	4,7	14,7	2,3	8,7	47,7	15,7	1					1	
		II	4,5	8,0	2,6	7,7	24,0	11,3	1					1	
		C2	I	4,9	15,7	2,7	7,3	32,0	21,0	1					3
			II	5,3	9,0	1,3	4,7	25,0	10,0	3					3
		C3	I	3,1	7,7	1,3	4,7	15,3	15,7	3					1
			II	4,5	9,3	1,7	9,0	23,0	10,7	1					3
B3	C1	I	4,6	14,0	2,0	7,7	49,7	13,3	1					1	
		II	3,0	10,0	1,0	7,0	27,3	11,3	1					1	
		C2	I	3,0	11,7	1,0	7,0	25,3	10,7	1					2
		II	3,0	9,3	1,3	6,3	18,0	10,7	1					2	
		C3	I	3,0	10,0	1,0	6,7	29,3	8,3	2					2
		II	3,0	8,0	0,7	5,7	26,3	7,0	2					2	
A2	B1	C1	I	5,0	9,0	3,3	6,0	46,7	8,0	2					3
		II	5,9	4,0	3,0	3,3	17,7	6,7	2					3	
		C2	I	5,2	8,3	3,3	5,7	50,7	5,0	2					3
		II	5,9	3,0	2,0	3,0	9,0	5,0	2					3	
		C3	I	3,3	6,0	2,3	4,0	39,3	3,7	3					3
		II	5,7	1,3	3,3	2,3	21,3	8,3	3					3	
B2	C1	I	4,6	12,0	4,0	9,3	35,0	15,3	1					2	
		II	4,6	7,3	2,7	7,7	24,0	11,3	1					2	
		C2	I	4,9	9,0	2,7	6,7	44,7	14,0	2					2
		II	5,0	6,7	2,3	6,0	31,0	12,3	2					2	
		C3	I	4,6	12,0	3,0	7,7	39,0	10,3	1					1
		II	4,6	9,7	2,7	8,0	32,0	11,7	1					1	
B3	C1	I	3,0	10,0	2,0	6,7	20,3	13,7	2					1	
		II	4,4	17,0	3,3	11,0	42,3	10,3	2					1	
		C2	I	4,8	10,0	4,0	7,5	65,5	5,0	1					3
		II	5,3	3,0	1,7	3,3	28,3	5,0	1					3	
		C3	I	4,9	11,0	4,0	6,5	59,0	5,0	2					3
		II	5,0	5,0	2,0	4,5	36,0	5,0	2					3	
A3	B1	C1	I	5,8	4,0	2,7	2,0	37,0	10,3	3					3
		II	6,4	1,0	4,0	1,0	12,3	26,0	3					3	
		C2	I	5,7	5,0	3,3	1,7	48,0	9,0	3					3
		II	6,4	5,5	2,5	1,5	7,0	29,0	3					3	
		C3	I	6,3	1,0	1,3	0,7	15,3	11,0	3					3
		II	5,8	1,7	2,3	1,3	20,3	11,7	3					3	
B2	C1	I	5,8	5,7	3,3	1,7	57,0	6,3	3					3	
		II	5,9	2,0	2,7	1,0	24,0	17,3	3					3	
		C2	I	5,3	9,7	2,7	5,0	33,0	14,3	2					3
		II	5,4	7,7	2,7	4,0	29,3	14,7	2					3	
		C3	I	5,2	7,0	1,7	4,3	33,0	12,3	3					2
		II	5,3	11,3	2,7	5,0	27,3	18,7	3					2	
B3	C1	I	5,8	6,0	2,5	2,0	63,5	5,0	3					3	
		II	5,6	1,0	0,5	1,0	30,0	10,5	3					3	
		C2	I	6,0	3,0	3,5	1,5	41,0	9,0	3					3
		II	5,9	2,0	2,0	1,0	26,0	5,0	3					3	
		C3	I	5,0	2,0	1,5	0,5	34,0	3,5	3					3
		II	5,7	3,5	2,0	2,0	33,0	6,5	3					3	

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping \* plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping \* plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping \* plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

I = varastointi 103 päivää

I = storage time 103 days

II = varastointi 249 päivää

II = storage time 249 days

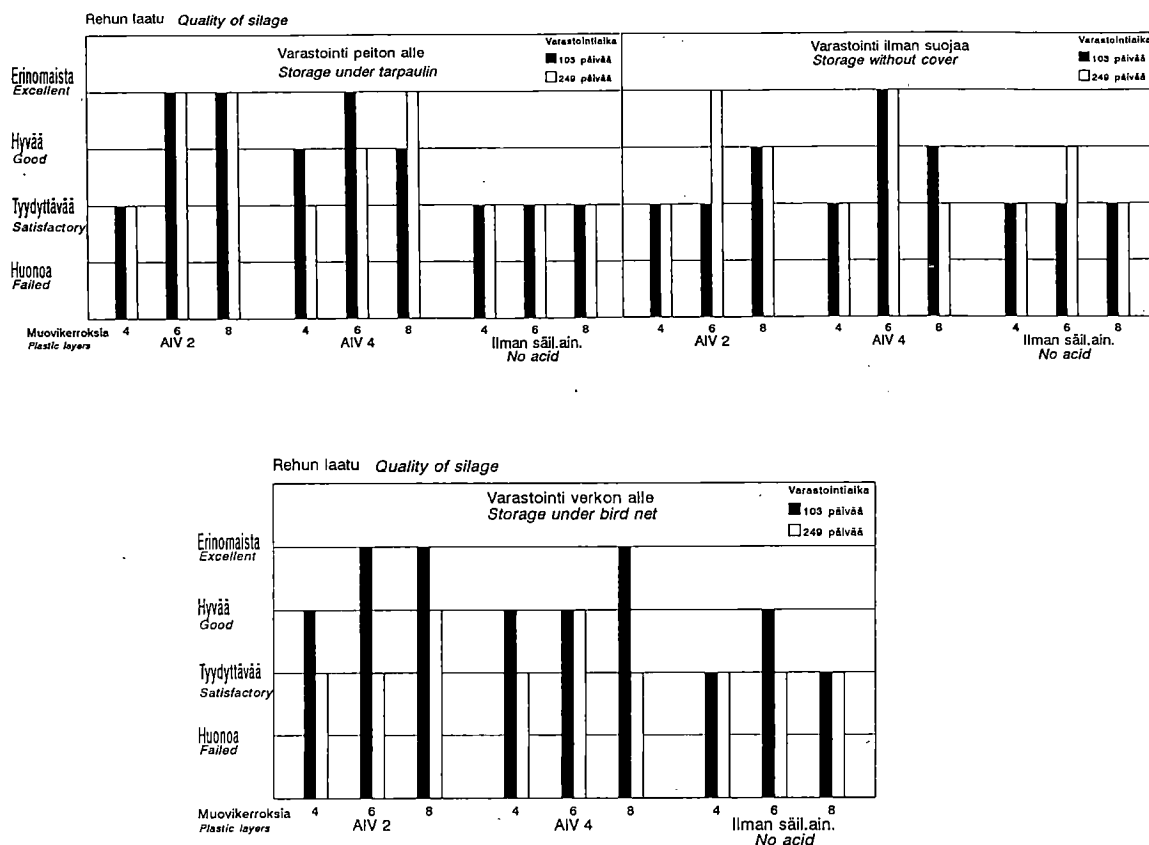
Rehun laatu- ja huonolaatuluokat: 1) Erinomaista 2) Hyvää 3) Tyydyttävää 4) Huonoa

Quality: 1) Excellent 2) Good 3) Satisfactory 4) Failed

1) Katso taulukko 5.

1) See note to table 5.

Säilöntäaineiden kanssa säilötyistä paaleista on saatu selvästi laadukkaampaa rehua kuin ilman säilöntäainetta tehdyistä paaleista. AIV 2 -liuoksella säilötyt ja kuuteen tai kahdeksaan muovikerrokseen kiedotut sekä peiton alle varastoidut paalit olivat erinomaista rehua sekä 103 että 249 päivän varastoinnin jälkeen (kuva 37).



**Kuva 37.** Kesäsadon rehun laatu 103 ja 249 päivän varastoinnin jälkeen.

**Figure 37.** Quality of second cut bale silage after 103 and 249 days storage.

Peiton käyttö paransi erityisesti AIV 2 -liuoksella säilötyjen paalien laatua pitkän varastoinnin jälkeen. Kuuteen ja kahdeksaan muovikerrokseen kiedotut ja säilöntäaineilla säilötyt paalit olivat laadukkaampia kuin neljään muovikerrokseen kiedotut paalit. Ilman säilöntäainetta paalattujen paalien laatu oli kesäsadossa tyydyttävää. Kiedonta- ja varastointimenetelmät eivät vaikuttaneet ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien laatuun. Säilöntäaineiden kanssa tehtyjen paalien laadun heikkenemiseen johtui vapaiden happojen liian alhaisesta määrästä. Ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien laatua heikensi alhaisen vapaiden happojen määrän lisäksi liian alhainen maitohappopitoisuus.

Kesäsadon kolmessa koejäsenessä tapahtunut laadun parantuminen varastoinnin aikana on todennäköisesti aiheutunut laadun vaihtelusta paalin eri kohdissa.

Eri säilöntämenetelmät vaikuttivat kesäsadon 103 päivän varastointiaikana tilastollisesti erittäin merkitsevästi etikkahappopitoisuuteen, merkitsevästi maitohappopitoisuuteen sekä vapaisiin happoihin ja tilastollisesti melkein merkitsevästi pH-arvoon. Säilöntämenetelmä

vaikutti 249 päivän varastointiaikana tilastollisesti merkitsevästi pH-arvoon sekä vapaiden happojen pitoisuuteen ja melkein merkitsevästi etikkahapo- ja ammoniakki- ja amiinipitoisuuteen (taulukko 16).

Eri kiedontamenetelmät vaikuttivat kesäsadon 249 päivän varastointiaikana tilastollisesti melkein merkitsevästi pH-arvoon, vapaisiin happoihin sekä sokereihin. Eri varastointimenetelmillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kesäsadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin.

**Taulukko 16.** Faktoreiden ja niiden yhdysvaikutusten riskitasot ja merkitsevyydet kolmesuuntaisessa varianssianalyysissä kesäsadon marras- (I) ja huhtikuun (II) näytteissä.

**Table 16.** Risk levels and significance levels of factors and interaction between factors, obtained by analysis of variance of the results of chemical analysis of the samples taken in November (I) and in April (II) from the second cut bale silage.

	pH pH		Maitohappo Lactic acid		Etikkahappo Acetic acid		Vapaat hapot Free acid		Sokeri Sugar		Ammon. + amiinit Ammonia + amines	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A	0,010 *	0,001 **	0,006 **	0,114	0,000 ***	0,048 *	0,002 **	0,003 **	0,088	0,572	0,483	0,020 *
B	0,377	0,021 *	0,088	0,059	0,619	0,248	0,141	0,011 *	0,459	0,011 *	0,066	0,155
C	0,202	0,956	0,345	0,969	0,070	0,599	0,677	0,657	0,153	0,517	0,569	0,622
A*B	0,963	0,159	0,933	0,677	0,868	0,842	0,915	0,869	0,899	0,676	0,718	0,084
A*C	0,864	0,920	0,757	0,256	0,494	0,945	0,977	0,478	0,088	0,861	0,784	0,933
B*C	0,989	0,889	0,915	0,412	0,588	0,944	0,990	0,554	0,666	0,702	0,875	0,877
A*B*C	0,346	0,969	0,971	0,938	0,505	0,870	0,924	0,960	0,543	0,987	0,999	0,837

Faktorit:/ Factors:

A = säilöntämenetelmä

A = additives

B = kiedontamenetelmä

B = wrapping method

C = varastointimenetelmä

C = storage method

\* = melkein merkitsevä

\* = almost significant

\*\* = merkitsevä

\*\* = significant

\*\*\* = erittäin merkitsevä

\*\*\* = very significant

I varastointiaika = 103 päivää

I storage time = 103 days

II varastointiaika = 249 päivää

II storage time = 249 days

Faktoreiden yhdysvaikutuksilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kesäsadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin, joten kesäsadon säilönnän jälkeistä laatua voidaan tarkastella faktoreiden eri tasojen päävaikutusten perusteella (taulukko 17).

Säilöntämenetelmä vaikutti selvästi kesäsadon paalien laatuun. Säilöntäaineiden kanssa säilöttyjen paalien pH oli alhaisempi kuin ilman säilöntäainetta säilöttyjen paalien kumpanakin varastointiaikana. Säilöntäaineista AIV 2 -liuksella tehdyn rehun pH oli alhaisempi kuin AIV 4 -liuksella tehdyn. Erityisesti AIV 2 -liuksella tehtyjen paalien alhaiseen pH-arvoon on vaikuttanut säilöntäaineen yliannostus. Maitohappoa oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa kuin ilman säilöntäainetta

**Taulukko 17.** Kesäsadon faktoreiden eri tasojen päävaikutusten keskiarvot. Sama määrä allekkain olevia tähtiä saman faktorin sisällä ilmoittaa, että faktorin ko. tasojen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero.

**Table 17.** Means of the combinations of factors, calculated for the samples taken in November (I) and in April (II) from the second cut bale silage. The same number of asterisks in the same vertical column and within the same factor indicates that the difference between these combinations is significant.

	pH		Maitohappo		Etikkahappo		Vapaat hapot		Sokeri		Ammon. + amiinit	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A1	3,9 **	4,2 ***	10,8 **	7,7	1,6 ***	1,4	6,1 *	5,6 **	31,1	22,4	12,0	1,8 *
A2	4,5	5,1	9,7 *	6,3	3,2 ***	2,6	6,7 **	5,5 *	44,5	26,9	8,9	1,9 *
A3	5,4 **	5,8 ***	4,8 * **	3,7	2,5	2,4	2,1 * **	1,9 * **	40,2	23,3	9,0	2,0 * *
B1	4,8	5,7 *	6,3	3,5	2,3	2,4	3,7	2,4 **	35,3	16,2 *	7,8	1,9
B2	4,8	5,0	10,4	7,9	2,6	2,4	6,1	5,9 **	37,4	26,6	13,9	1,8
B3	4,2	4,5 *	8,6	6,4	2,4	1,6	5,1	4,6	43,1	29,7 *	8,2	2,0
C1	4,7	5,0	9,1	6,1	2,6	2,4	5,1	4,7	42,6	25,7	11,0	1,8
C2	4,9	5,1	9,4	5,7	2,8	1,9	5,4	3,7	41,6	21,2	11,0	1,9
C3	4,1	5,0	6,9	6,0	1,9	2,1	4,3	4,5	31,6	25,6	8,1	1,9

A1 = säilöntä AIV 2  
A1 = additive AIV 2  
A2 = säilöntä AIV 4  
A2 = additive AIV 4  
A3 = säilöntä ilman säil.ain.  
A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella  
B1 = wrapping \* plastic layers  
B2 = kiedonta 6 muovikerroksella  
B2 = wrapping \* plastic layers  
B3 = kiedonta 8 muovikerroksella  
B3 = wrapping \* plastic layers

C1 = varastointi peiton alle  
C1 = tarpaulin  
C2 = varastointi verkon alle  
C2 = bird net  
C3 = varastointi ilman suojaa  
C3 = without cover

\* = melkein merkitsevä I = varastointi 145 päivää  
\* = almost significant I = storage time 145 days  
\*\* = merkitsevä II = varastointi 291 päivää  
\*\* = significant II = storage time 291 days  
\*\*\* = erittäin merkitsevä  
\*\*\* = very significant

säilötyissä paaleissa. Varastoinnin jatkuessa AIV 2- ja AIV 4-liuoksilla säilöttyjen paalien maitohappopitoisuus on kuitenkin selvästi laskenut. Etikkahappopitoisuudet olivat kaikilla säilöntämenetelmillä säilötyissä paaleissa erittäin alhaisia. Vapaita happoja oli ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa selvästi vähemmän kuin säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa sekä 103 että 249 päivän varastoinnin jälkeen. Ammoniakki- ja amiinipitoisuus oli erittäin alhainen kaikkia säilöntämenetelmiä käytettäessä.

Korkein pH-arvo oli neljään muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa ja alhaisin kahdeksaan muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa. Vapaita happoja oli eniten kuuteen muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa ja vähiten neljällä muovikerroksella kiedotuissa paaleissa. Sokeripitoisuus oli alhaisin neljään muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa ja korkein kahdeksaan muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa.

Eri varastointimenetelmillä säilöttyjen kesäsadon rehujen tutkittujen aineiden pitoisuuksien keskiarvoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

### 3.7.3. Syyssato

Syyssadossa kaikkien koejäsenten pH-arvot olivat alhaisia. Eri koejäsenten pH-arvot eivät juurikaan poikenneet toisistaan. Varastoinnin jatkuessa pH-arvot olivat säilyneet lähes ennallaan (taulukko 18).

Maitohappopitoisuudet olivat ilman säilöntäainetta säilötyissä paaleissa korkeampia kuin säilöntäaineiden kanssa säilötyissä paaleissa. Varastoinnin jatkuessa maitohappopitoisuudet olivat hieman laskeneet. Etikkahappopitoisuudet olivat erittäin alhaisia kaikissa koejäsenissä. Vähiten etikkahappoa oli AIV 2-liuoksella säilötyissä paaleissa. Vapaiden happojen pitoisuuksien erot olivat koejäsenten välillä hieman suurempia 49 päivän kuin 195 päivän varastoinnin jälkeen. Eniten vapaita happoja oli ilman säilöntäainetta säilötyissä ja neljään tai kahdeksaan muovikerrokseen kiedotuissa paaleissa. Sokeripitoisuudet olivat säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa selvästi korkeampia kuin ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa sekä 49 että 195 päivän varastoinnin jälkeen. Ammoniakki ja amiinipitoisuudet olivat varsin alhaisia 49 päivän varastoinnin jälkeen. Varastoinnin jatkuessa erityisesti peitolla suojattujen paalien ammoniakki- ja amiinipitoisuudet kohosivat selvästi. Ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien ammoniakki- ja amiinipitoisuudet olivat hieman korkeampia kuin säilöntäaineiden kanssa tehtyjen paalien.

**Taulukko 18.** Syysadon säilönnällinen laatu marras- (I) ja huhtikuussa (II).  
**Table 18.** Quality of second cut bale silage in November (I) and in April (II).

		pH	Maitohappo	Etikkahappo	Vapaat hapot	Sokeri	Ammon. + amiinit	Laatu- luokka <sup>1)</sup>
		pH	Lactic acid	Acetic acid	Free acids	Sugar	Ammonia + amines	Quality <sup>1)</sup>
			g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%	
A1	B1	4,0	8,7	1,0	8,3	17,0	6,0	1
	C1	3,9	13,0	2,7	11,3	15,7	16,7	1
C2	I	4,1	8,3	1,3	7,3	19,3	5,3	1
	II	4,2	5,7	2,3	6,7	17,7	6,3	2
C3	I	4,0	8,3	1,7	8,3	19,0	6,0	1
	II	4,4	7,7	1,7	5,7	13,3	21,3	2
B2	C1	4,1	9,3	1,7	8,3	13,3	9,7	2
	II	4,1	7,0	1,3	7,7	18,0	14,7	2
C2	I	3,9	10,0	0,7	9,0	17,3	13,3	1
	II	4,3	6,6	2,0	6,0	18,0	11,7	2
C3	I	4,0	9,0	1,7	8,7	11,7	10,0	2
	II	4,5	5,5	1,5	5,0	14,5	37,0	2
B3	C1	4,0	10,0	1,0	8,0	17,3	8,7	1
	II	4,1	8,0	2,3	7,0	20,3	9,7	1
C2	I	4,1	8,7	1,0	7,3	21,3	5,0	1
	II	4,1	8,3	1,7	7,7	21,0	10,7	1
C3	I	4,1	10,0	1,7	8,7	13,0	12,0	2
	II	4,0	11,3	1,3	8,3	17,7	18,3	1
A2	B1	3,9	10,7	2,0	11,3	9,7	12,3	2
	C1	4,2	7,0	1,3	7,3	15,3	10,3	2
C2	I	4,1	9,3	2,0	8,7	14,0	8,3	2
	II	4,4	5,7	3,0	4,7	12,7	11,7	3
C3	I	4,1	10,3	2,3	8,7	10,0	13,3	2
	II	4,1	8,7	1,0	7,3	14,3	15,7	2
B2	C1	4,1	7,0	1,3	7,3	20,7	6,7	2
	II	4,1	8,0	1,7	7,0	18,7	7,0	1
C2	I	4,1	10,0	2,0	9,0	6,3	9,3	2
	II	4,0	10,3	2,0	8,3	15,3	12,7	1
C3	I	4,0	9,0	2,0	9,3	17,0	6,7	1
	II	4,1	8,7	1,7	8,0	19,0	22,3	1
B3	C1	4,0	9,3	1,7	9,3	19,3	7,0	1
	II	4,1	9,3	2,0	8,3	19,7	15,0	1
C2	I	4,1	11,3	2,0	8,3	11,0	14,0	2
	II	4,1	9,3	1,7	7,7	18,0	10,0	1
C3	I	4,0	10,0	2,0	9,3	12,0	14,7	2
	II	4,1	11,7	1,3	8,7	12,0	26,3	2
A3	B1	4,0	11,3	2,0	10,7	5,7	17,7	2
	C1	4,0	10,7	2,3	10,0	8,7	20,3	2
C2	I	4,1	8,0	3,3	9,7	3,0	9,0	3
	II	4,4	8,7	4,0	8,7	4,7	15,7	3
C3	I	4,0	11,0	2,0	10,3	8,0	15,0	2
	II	4,2	9,7	1,7	7,3	7,0	24,7	2
B2	C1	4,1	10,7	1,7	9,0	8,3	12,0	2
	II	4,2	9,7	2,0	8,3	7,3	17,3	2
C2	I	4,0	11,7	2,7	11,0	6,7	20,0	2
	II	4,2	10,3	2,3	9,0	6,3	18,3	2
C3	I	4,0	12,7	2,0	11,0	9,0	20,3	2
	II	4,2	9,7	1,7	8,0	11,3	25,3	2
B3	C1	4,1	11,7	2,0	9,7	7,7	16,7	2
	II	4,0	10,7	1,7	9,3	14,0	17,7	2
C2	I	4,1	10,0	2,0	8,3	3,7	10,0	3
	II	4,1	10,7	2,0	8,3	11,0	19,7	2
C3	I	4,1	11,3	2,0	9,0	8,3	17,3	2
	II	4,1	12,3	1,7	9,0	10,7	25,3	2

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

Rehun laatuluokat:

Quality:

1) Katso taulukko 5. 1) See note to table 5.

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping \* plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping \* plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping \* plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

I = varastointi 49 päivää

I = storage time 49 days

II = varastointi 195 päivää

II = storage time 195 days

4) Huonoa

4) Failed

2) Hyvää

3) Tyydyttävää

3) Satisfactory



**Taulukko 19.** Faktoreiden ja niiden yhdysvaikutusten riskitasot ja merkitsevyydet kolmesuuntaisessa varianssianalyyssissä syyssadon marras- (I) ja huhtikuun (II) näytteissä.

**Table 19.** Risk levels and significance levels of factors and interaction between factors, obtained by analysis of variance of the results of chemical analysis of the samples taken in November (I) and in April (II) from the third cut bale silage.

	pH pH		Maitohappo Lactic acid		Etikkahappo Acetic acid		Vapaat hapot Free acids		Sokeri Sugar		Ammon. + amiinit Ammonia + amines	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A	0,822	0,582	0,015 *	0,028 *	0,000 ***	0,235	0,006 **	0,144	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,053
B	0,556	0,205	0,515	0,052	0,311	0,102	0,418	0,564	0,896	0,100	0,438	0,562
C	0,422	0,315	0,720	0,374	0,142	0,005 **	0,546	0,305	0,624	0,518	0,186	0,000
A*B	0,917	0,458	0,307	0,292	0,891	0,645	0,471	0,583	0,493	0,849	0,062	0,390
A*C	0,646	0,683	0,425	0,586	0,054	0,637	0,984	0,627	0,192	0,706	0,708	0,646
B*C	0,168	0,484	0,324	0,061	0,835	0,120	0,102	0,343	0,706	0,787	0,060	0,536
A*B*C	0,857	0,906	0,955	0,855	0,538	0,780	0,924	0,897	0,672	0,989	0,373	0,804

Faktorit: / Factors:

A = säilöntämenetelmä

A = additives

B = kiedontamenetelmä

B = wrapping method

C = varastointimenetelmä

C = storage method

\* = melkein merkitsevä

\* = almost significant

\*\* = merkitsevä

\*\* = significant

\*\*\* = erittäin merkitsevä

\*\*\* = very significant

I varastointiaika = 49 päivää

I storage time = 49 days

II varastointiaika = 195 päivää

II storage time = 195 days

Eri kiedontamenetelmät eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi syyssadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin.

Eri varastointimenetelmät vaikuttivat 195 päivän varastointiaikana tilastollisesti merkitsevästi etikkahappopitoisuuteen. 49 päivän varastointiaikana eri varastointimenetelmillä ei ollut tilastollista vaikutusta syyssadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin.

Faktoreiden yhdysvaikutuksilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta syyssadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin, joten syyssadon säilönnän jälkeistä laatua voidaan tarkastella faktoreiden eri tasojen päävaikutusten perusteella (taulukko 20).

Säilöntämenetelmä vaikutti selvästi syyssadon paalien laatuun. Maitohappopitoisuus oli säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa alhaisempi kuin ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. AIV 2-liuksella tehdyissä paaleissa maitohappopitoisuus oli tilastollisesti melkein merkitsevästi pienempi kuin ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. Etikkahappopitoisuus oli 49 päivän varastoinnin jälkeen alhaisin AIV 2-liuksella säilötyissä paaleissa mutta varastoinnin jatkuessa erot pienenevät eri säilöntämenetelmien välillä. Vapaita happoja oli vähiten AIV 2-liuksen kanssa tehdyissä paaleissa ja eniten ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. Sokeripitoisuus oli tilastollisesti melkein merkitsevästi alhaisempi ilman säilöntäainetta tehdyissä rehuissa kuin säilöntäaineiden kanssa tehdyissä rehuissa. Korkein sokeripitoisuus oli AIV 2-liuksen kanssa tehdyissä paaleissa. Am-

moniakki- ja amiinipitoisuus oli korkein ilman säilöntäainetta tehdyissä rehuissa ja alhaisin AIV 2-liuoksen kanssa tehdyissä rehuissa 49 päivän varastoinnin jälkeen. Varastoinnin jatkuessa AIV 4-liuoksella ja erityisesti AIV 2-liuoksella säilöttyjen paalien ammoniakki- ja amiinipitoisuudet lisääntyivät enemmän kuin ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien.

**Taulukko 20.** Syyssadon faktoreiden eri tasojen päävaikutusten keskiarvot. Sama määrä allekkain olevia tähtiä saman faktorin sisällä ilmoittaa, että faktorin ko. tasojen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero.

**Table 20.** Means of the combinations of factors, calculated for the samples taken in November (I) and in April (II) from the third cut bale silage. The same number of asterisks in the same vertical column and within the same factor indicates that the difference between these combinations is significant.

	pH pH		Maitohappo Lactic acid		Etikkahappo Acetic acid		Vapaat hapot Free acids		Sokeri Sugar		Ammon. + amiinit Ammonia + amines	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
A1	4,0	4,2	9,1 *	8,1 *	1,3 *** **	1,9	8,2 **	7,3	16,6 ***	17,4 ***	8,4 ***	16,3
A2	4,0	4,1	9,7	8,7	1,9 **	1,7	9,0	7,5	13,3 **	16,1 ***	10,3 **	14,6
A3	4,1	4,2	10,9 *	10,3 *	2,2 ***	2,1	9,9 **	8,7	6,7 ** ***	9,0 *** **	15,3 ** ***	20,5
B1	4,0	4,2	9,6	8,5	2,0	2,2	9,3	7,7	11,7	12,1	10,3	15,9
B2	4,0	4,2	9,9	8,4	1,7	1,8	9,2	7,5	12,3	14,3	12,0	18,5
B3	4,1	4,1	10,3	10,2	1,7	1,7	8,7	8,3	12,6	16,0	11,7	17,0
C1	4,0	4,1	9,9	9,3	1,6	1,9	9,1	8,5	13,2	15,3	10,7	14,3 ***
C2	4,1	4,2	9,7	8,4	1,9	2,3 **	8,7	7,4	11,4	13,9	10,5	13,0 ***
C3	4,0	4,2	10,2	9,5	1,9	1,5 **	9,3	7,5	12,0	13,3	12,8	24,0 *** **

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

\* = melkein merkitsevä

\* = almost significant

\*\* = merkitsevä

\*\* = significant

\*\*\* = erittäin merkitsevä

\*\*\* = very significant

I = varastointi 145 päivää

I = storage time 145 days

II = varastointi 291 päivää

II = storage time 291 days

Eri kiedontamenetelmillä säilöttyjen syyssadon rehujen tutkittujen aineiden pitoisuuksien keskiarvoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Verkon alle ja ilman suojaa varastoitujen paalien etikkahappopitoisuudessa oli tilastollisesti merkitsevä ero. Ammoniakki- ja amiinipitoisuus oli tilastollisesti melkein merkitsevästi suurempi ilman suojaa varastoiduissa paaleissa kuin peiton ja verkon alle varastoiduissa paaleissa. Ilman suojaa ja verkon alle varastoitujen paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksien eroja on vaikea selittää muulla kuin näytteenottokohdan aiheuttamalla vaihtelulla.

### 3.8. Kuiva-aineen vaikutus pyöröpaalisäilörehun laatuun

#### 3.8.1. Kevätsato

Kevätsadosta tehdyn rehun paalien kuiva-ainepitoisuuden ja maitohappopitoisuuden sekä sokeripitoisuuden välillä oli positiivista korrelaatiota 145 päivän varastoinnin jälkeen. Kuiva-ainepitoisuuden ja etikkahappopitoisuuden sekä ammoniakki- ja amiinipitoisuuden välillä oli puolestaan negatiivista korrelaatiota. 249 päivän varastoinnin jälkeen edellisten lisäksi oli positiivista korrelaatiota kuiva-aineen ja maitohappopitoisuuden välillä.

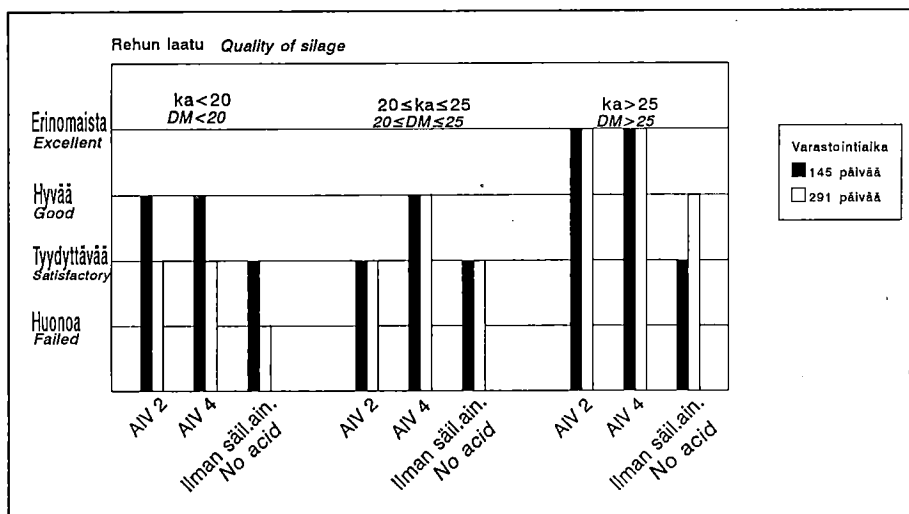
Eri kiedonta- ja varastointimenetelmät eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi kevätsadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin kuiva-ainepitoisuuden vaihdella. Eri säilöntämenetelmät puolestaan vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi kevätsadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin kuiva-ainepitoisuuden vaihdella (liite 5).

#### Kuva 39.

Kevätsadon rehun laatu eri säilöntä- vaihtoehdoissa ja kuiva-aineluokissa marras- ja huhtikuussa.

#### Figure 39.

Quality of first cut silage with different additives and in different dry matter classes in November and April.



Kuiva-ainepitoisuuden kohotessa säilöntäaineiden, erityisesti AIV-2-liuoksen kanssa tehdyn rehun laatu parani selvästi. Säilöntäaineiden kanssa tehtyjen paalien rehu oli selvästi laadukkaampaa kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 25 % kuin ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien. Ilman säilöntäainetta tehtyihin paaleihin kuiva-ainepitoisuuden kohoamisella ei ollut vaikutusta 145 päivän varastoinnissa (kuva 39).

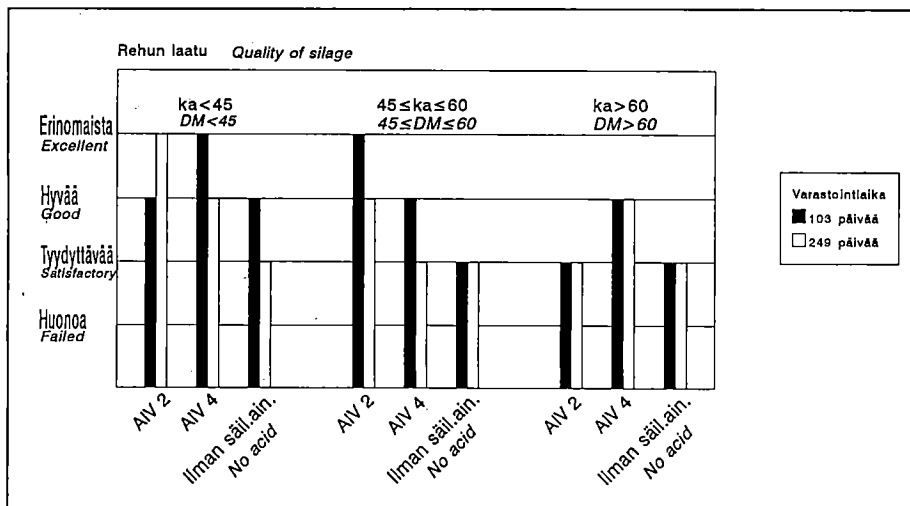
Varastoinnin jatkuessa rehun laadun heikkeneminen oli voimakkainta kuiva-ainepitoisuudeltaan alle 20 % paaleissa. Kuiva-ainepitoisuuden kohoaminen on parantanut kaikkien eri säilöntämenetelmillä tehtyjen paalien varastointikestävyyttä. Ilman säilöntäainetta säilöttyjen paalien laadun parantuminen kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 25 % säilönnän jatkuessa on virheellinen tulos. Virhe aiheutuu todennäköisesti siitä, että analyysinäytteet on otettu paalin eri päädystä.

#### 3.8.2. Kesäsaato

Kesäsaadossa 103 ja 249 päivän varastoinnin jälkeen paalien kuiva-ainepitoisuuden ja maitohappopitoisuuden, vapaiden happojen sekä ammoniakki- ja amiinipitoisuuden välillä oli negatiivista korrelaatiota.

Eri säilöntä- ja kiedontamenetelmät vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi kesäsadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin kuiva-ainepitoisuuden vaihdella. Eri varastointimenetelmät eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi kesäsadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin (liite 6).

Kuiva-aineen vaihtelulla oli suurin merkitys säilöntäaineiden kanssa tehtyjen rehujen laatuun. Yli 60 % kuiva-ainepitoisuudessa hyvää rehua saatiin ainoastaan AIV 4-liuoksella. Kuiva-ainepitoisuuden laskiessa erityisesti AIV 2-liuoksella säilöttyjen paalien laatu parani huomattavasti. Parasta rehua saatiin AIV 2- ja AIV 4-liuoksella säilöttyistä paaleista alle 45 % kuiva-ainepitoisuudessa. Ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien laatuun kuiva-ainepitoisuudella ei ollut selvää vaikutusta. AIV 2-liuoksella säilöttyjen paalien laadun parantuminen kuiva-ainepitoisuuden ollessa alle 45 % säilönnän jatkuessa on virheellinen tulos. Virhe aiheutuu todennäköisesti siitä, että analyysinäytteet on otettu paalin eri päädyistä (kuva 40).

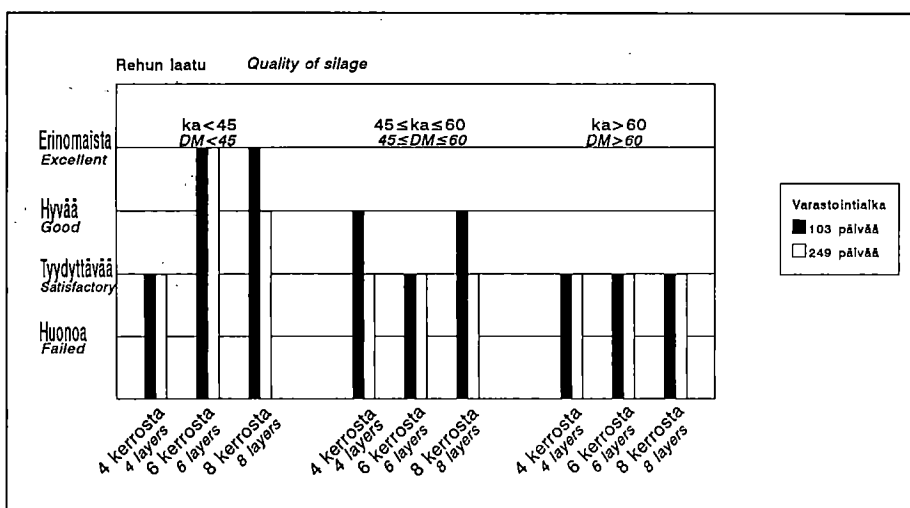


**Kuva 40.**

Kesäsadon rehun laatu eri säilöntävaihtoehtojen ja eri kuiva-aineluokissa marras- ja huhtikuussa.

**Figure 40.**

Quality of second cut silage with different additives and in different dry matter classes in November and April.



**Kuva 41.**

Kesäsadon rehun laatu eri kiedontavaihtoehtojen ja eri kuiva-aineluokissa marras- ja huhtikuussa.

**Figure 41.**

Quality of second cut silage in different wrapping alternatives and in different dry matter classes in November and April.

Muovikerrosten lukumäärä vaikutti kesäsadon paalien laatuun erityisesti kuiva-ainepitoisuudeltaan alle 60 % rehussa (kuva 41). Rehun laatu parantui muovikerrosten lisääntyessä. Laadukkainta ja parhaiten säilyvää rehua saatiin niin 103 kuin 249 päivän varastoinnin

jälkeen paaleista joiden kuiva-ainepitoisuus oli alle 45 % ja jotka oli kiedottu kuuteen tai kahdeksaan muovikerrokseen. Rehu oli tyydyttävää kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 60 % eikä muovikerrosten lukumäärä vaikuttanut sen laatuun.

### 3.8.3. Syyssato

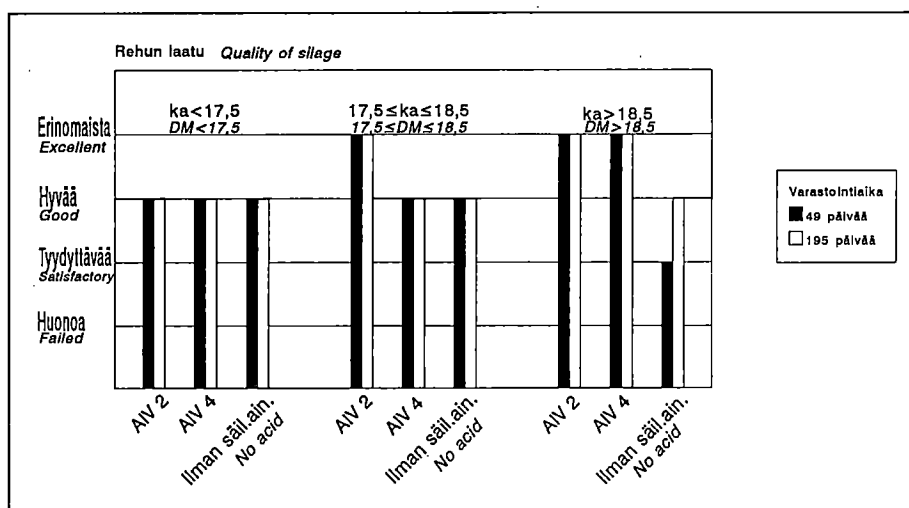
Syyssadossa esiintyi paalien kuiva-ainepitoisuuden ja sokeripitoisuuden välillä positiivista korrelaatiota 195 päivän varastoinnin jälkeen. Vähäiseen korrelaatioon kuiva-aineen ja eri laatukriteerien pitoisuuksien välillä kevät- ja kesäsatoon verrattuna oli syynä se, että syyssadon paalien kuiva-ainepitoisuus vaihteli hyvin vähän.

Eri säilöntämenetelmät vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi syyssadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin. Eri kiedonta- ja varastointimenetelmät eivät puolestaan vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi syyssadon paalien tutkittujen aineiden pitoisuuksiin (liite 7).

#### Kuva 42.

Syyssadon rehun laatu eri säilöntävaihtoehtoissa ja kuiva-aineluokissa marras- ja huhtikuussa.

**Figure 42.**  
*Quality of third cut silage with different additives and in different dry matter classes in November and April.*



Alle 17,5 % kuiva-ainepitoisuudessa säilöntämenetelmät eivät vaikuttaneet rehun laatuun (kuva 42). 17,5-18,5 % kuiva-ainealueella AIV 2-liuoksella säilöttyjen paalien laatu oli erinomainen ja kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 18,5 % myös AIV 4-liuoksen kanssa tehtyjen paalien laatu oli erinomaista. Kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 18,5 % ilman säilöntäainetta säilöttyjen paalien laatu heikentyi 49 päivän varastoinnin jälkeen mutta parantui varastoinnin jatkuessa. Tähän vaikutti todennäköisesti laadun vaihtelu paalin eri kohdissa. Syyssadossa säilöntäaineen laatua parantava vaikutus korostui kuiva-ainepitoisuuden kohotessa.

## 3.9. Säilörehun mikrobiologinen laatu

### 3.9.1. Voihappobakteerit

Näytteet voihappobakteeri-itiöiden määrittämiseksi otettiin paalin pintaosasta marras-kuussa ja huhtikuussa. Hyvässä säilörehussa voihappobakteerien määrä on kenttäoloissa alle 1000 kpl grammassa rehua. Haitalliset voihappobakteerit kykenevät lisääntymään hapettomassa ympäristössä, jos rehun puutteelliset säilöntäolot antavat siihen mahdollisuuden.

Kevätrehussa oli sekä marraskuussa että huhtikuussa otettujen näytteiden mukaan liian paljon voihappobakteereita (taulukko 21). Toisessa ja kolmannessa sadossa klostridien määrä oli alhainen marraskuussa ja huhtikuussa otetuissa näytteissä riippumatta siitä oliko rehua tehtäessä käytetty säilöntäainetta vai ei. Marraskuussa otetuissa näytteissä itiöiden määrä oli suurin ilman säilöntäainetta tehdyissä kevätsadon paaleissa, 4500 ja 11000 kpl/g. Huhtikuussa myös kevätsadon AIV-2-liuoksen kanssa tehdyissä paaleissa voihappobakteereita oli yli 11000 kpl/g.

Voihappobakteerien suureen määrään kevätsadon paaleissa on vaikuttanut alhainen alle 30 %:n ka-pitoisuus ja varastoinnin aikaiset alkukesän lämpimät säät, jolloin mahdollisuus virhekäymiseen on ollut merkittävä. Paalin pinnan lämpötila oli auringonpaisteisena päivänä 37 - 40 °C, jonka seurauksena rehun pinta-osassa lämpötila voi olla yli 30 °C eli edullinen lämpötila voihappoitiöiden lisääntymiselle. Lisäksi lämpötilan kohotessa myös kiedontamuovin hapenläpäisevyys kasvaa (SKJERVHEIM 1991).

**Taulukko 21.** Klostridi-itiöiden määrä marraskuun 1991 (I) ja huhtikuun 1992 (II) näytteissä.

**Table 21.** Quantity of clostridial spores in silage samples taken in November 1991 (I) and in April 1992 (II).

Paali Bale	Kevätsato First cut		Kesätsato Second cut		Syyssato Third cut		
	kpl/g Spores/g	ka - % DM %	kpl/g Spores/g	ka - % DM %	kpl/g Spores/g	ka - % DM %	
A1 B1 C3	I	3	23,8	3	80,4	<3	15,9
	II	>11000	21,7	220	67,5	15	18,2
A1 B3 C3	I	1100	31,0	<3	49,1	4	19,0
	II	>11000	35,8	9	75,2	4	20,3
A2 B1 C3	I	2500	22,6	95	45,5	<3	16,6
	II	2500	26,6	95	71,3	4	18,2
A2 B3 C3	I	450	21,2	4	60,6	95	17,3
	II	220	22,3	25	74,5	25	19,2
A3 B1 C3	I	4500	24,8	<3	43,0	<3	16,5
	II	>11000	21,6	25	61,4	15	20,7
A3 B3 C3	I	11000	24,4	<3	56,2	<3	18,3
	II	>11000	17,6	9	80,5	4	18,5

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

### 3.9.2. Sieni-itiöpitoisuudet

Termofiilisten aktinomykeettien haitallisen määrän alarajana voidaan pitää  $10^4$  cfu/g. Suuri termotoleranttien sienten ja termofiilisten sädesienten määrä on osoitus materiaalin lämpenemisestä.

Taulukko 22.

Kevät-, kesä- ja syysrehujen sieni-itiöpitoisuudet marraskuun 1991 (I) ja huhtikuun 1992 (II) näytteissä.

Table 22.

Fungal spore concentration of first, second and third cut silage in November 1991 (I) and in April 1992 (II).

KEVÄTREHUT FIRST CUT						
Sieniryhmä Fungal species		A1B2C2	A2B3C2	A3B1C3 - A3B3C3	A3B1C2 - A3B3C2	A3B1C1 - A3B3C1
Mesofiiliset Mesophilic fungi	I	$8,2 \cdot 10^5$	0	0	$0 - 7,8 \cdot 10^6$	$0 - 1,8 \cdot 10^5$
	II	$8,4 \cdot 10^5$	0	$1,2 \cdot 10^6 - 4,6 \cdot 10^7$	$3,6 \cdot 10^5 - 8,2 \cdot 10^6$	$0 - 7,6 \cdot 10^4$
Xerofiiliset sienet Xerophilic fungi	I	0	0	0	0	0
	II	$2,4 \cdot 10^5$	0	$5 \cdot 10^5 - 4,6 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5 - 5,8 \cdot 10^6$	$0 - 1,6 \cdot 10^3$
Termotolerantit sienet Thermotolerant fungi	I	$6,4 \cdot 10^5$	0	$0 - 2,8 \cdot 10^3$	$0 - 4,8 \cdot 10^6$	$0 - 7,2 \cdot 10^4$
	II	0	0	$0 - 4,8 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^2 - 1,2 \cdot 10^5$	0
Mesofiiliset bakteerit Mesophilic bacteria	I	$7,4 \cdot 10^7$	0	$1,5 \cdot 10^7 - 7,6 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7 - 1,3 \cdot 10^8$	$4,2 \cdot 10^7 - 4,6 \cdot 10^7$
	II	$2,6 \cdot 10^8$	0	$1,1 \cdot 10^7 - 2 \cdot 10^9$	$0 - 7,8 \cdot 10^8$	$4,6 \cdot 10^6 - 7,6 \cdot 10^7$
Termofiiliset aktinomykeet. Thermophilic actinomycetes	I	0	$3 \cdot 10^2$	0	$0 - 1,1 \cdot 10^4$	0
	II	0	$4 \cdot 10^2$	$0 - 6 \cdot 10^2$	$0 - 2,6 \cdot 10^3$	$0 - 8,2 \cdot 10^2$
KESÄREHUT SECOND CUT						
Sieniryhmä Fungal species		A1B2C2	A2B3C2	A3B1C3 - A3B3C3	A3B1C2 - A3B3C2	A3B1C1 - A3B3C1
Mesofiiliset sienet Mesophilic fungi	I	0	0	0	$0 - 5,2 \cdot 10^5$	$0 - 2 \cdot 10^4$
	II	0	0	$1,3 \cdot 10^4 - 4,6 \cdot 10^5$	$0 - 1,5 \cdot 10^6$	$0 - 4 \cdot 10^4$
Xerofiiliset sienet Xerophilic fungi	I	0	0	0	0	0
	II	0	0	$2 \cdot 10^5 - 1,2 \cdot 10^6$	$0 - 2 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^4 - 1,3 \cdot 10^6$
Termotolerantit sienet Thermotolerant fungi	I	0	0	$0 - 2 \cdot 10^2$	$0 - 4,6 \cdot 10^5$	$0 - 1,4 \cdot 10^3$
	II	0	0	$0 - 2 \cdot 10^2$	0	$0 - 1,2 \cdot 10^3$
Mesofiiliset bakteerit Mesophilic bacteria	I	$2,2 \cdot 10^7$	0	$0 - 8 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5 - 5,5 \cdot 10^6$	$0,7 \cdot 10^5 - 2,2 \cdot 10^7$
	II	0	0	$1,6 \cdot 10^6 - 7,8 \cdot 10^6$	$0 - 1,3 \cdot 10^7$	$0 - 3,2 \cdot 10^7$
Termofiiliset aktinomykeet. Thermophilic actinomycetes	I	0	0	$0 - 1 \cdot 10^2$	$0 - 1 \cdot 10^2$	$0 - 1 \cdot 10^2$
	II	0	0	0	0	$0 - 2 \cdot 10^2$
SYYSREHUT THIRD CUT						
Sieniryhmä Fungal species		A1B2C2	A2B3C2	A3B1C3 - A3B3C3	A3B1C2 - A3B3C2	A3B1C1 - A3B3C1
Mesofiiliset sienet Mesophilic fungi	I	0	0	$0 - 3,6 \cdot 10^6$	$0 - 1,8 \cdot 10^7$	$0 - 1,5 \cdot 10^5$
	II	$1,9 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5 - 3,4 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^4 - 4,8 \cdot 10^7$	$0 - 8,2 \cdot 10^6$
Xerofiiliset sienet Xerophilic fungi	I	0	0	0	0	0
	II	$8 \cdot 10^2$	0	0	$1,8 \cdot 10^6 - 3,4 \cdot 10^7$	0
Termotolerantit sienet Thermotolerant fungi	I	0	0	$0 - 7,8 \cdot 10^5$	$0 - 2,2 \cdot 10^5$	$0 - 4 \cdot 10^4$
	II	$2 \cdot 10^4$	0	$0 - 1,3 \cdot 10^4$	$0 - 2,6 \cdot 10^5$	$0 - 1,6 \cdot 10^3$
Mesofiiliset bakteerit Mesophilic bacteria	I	0	$1,4 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5 - 1,3 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^2 - 3,8 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5 - 1,4 \cdot 10^7$
	II	$8,2 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^5$	$0 - 4 \cdot 10^5$	$5,4 \cdot 10^6 - 6 \cdot 10^7$	$0 - 8 \cdot 10^5$
Termofiiliset aktinomykeet. Thermophilic actinomycetes	I	0	0	0	$0 - 1 \cdot 10^2$	$0 - 1 \cdot 10^2$
	II	0	0	0	$0 - 2 \cdot 10^2$	0

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C1 = varastointi peiton alle

C1 = tarpaulin

C2 = varastointi verkon alle

C2 = bird net

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

Eniten havaintoja sienistä ja bakteereista oli keväällä tehdyssä rehussa, kun tarkastellaan sekä ensimmäisiä että toisia näytteitä (taulukko 22). Myös keväällä AIV-2-liuosta käyttäen säilötyssä rehussa oli sieniä ja mesofiilisiä bakteereita useammassa näytteessä verrattuna keväällä AIV-4-liuoksen kanssa tehtyyn rehuun. Kuitenkin niin kevät-, kesä- kuin syysrehuissa oli säilöntäaineen kanssa tehdyissä paaleissa vähemmän sieni- ja bakteeripitoisia näytteitä kuin ilman säilöntäainetta tehdyissä. Erityisesti säilöntäaineen kanssa tehdyissä rehuissa oli tuskin lainkaan termotolerantteja sieniä ja termofiilisiä sädesieniä. Muutenkin ihmisen terveydelle haitallisten termofiilisten sädesienten pitoisuudet olivat ilman säilöntäainettakin paalatuissa rehuissa alhaisia,  $10^2$  -  $10^3$  cfu/g rehua. Xerofiilisten sienten osuus näytteissä oli lisääntynyt huomattavasti, sillä marraskuun näytteissä niitä ei ollut yhdessäkään, mutta huhtikuussa xerofiilisiä sieniä oli 21:ssä yhteensä 33 näytteestä.

### **3.10. Rehujen säilöntätappiot**

#### **3.10.1. Paalien painohävikki varastoinnissa**

Kaikki kevät- ja kesäsadon ilman suojaa varastoidut paalit punnittiin ennen paalien purkamista 7.-10.4.1992. Syyssadon paaleista punnittiin vain neljä kappaletta, koska sen katsottiin edustavan keskimääräistä syyssadon paalia, sillä syyssadon paalien kuiva-ainepitoisuus oli 90 %:ssa paaleista 15,6 - 20,0 %.

Kevätsadon paalien painon väheneminen varastoinnin aikana oli suurempaa kuin kesäsadon paaleista, mikä on seurausta kevätsadon pienemmästä kuiva-ainepitoisuudesta (taulukko 23). Syyssadon paalien paino laski varastoinnin aikana 150 - 200 kg/paali eli huomattavasti enemmän kuin kevät- ja kesäsadon paaleista. Syynä syyssadon paalien 15 - 20 % painon vähenemiseen oli alle 20 % kuiva-ainepitoisuus paalattaessa, jolloin puristemeuja valui paaleista.

**Taulukko 23.** Paalien paino korjuuvaiheessa ja painon muutos varastoinnin aikana.  $x$  = keskiarvo ja  $s$  = keskihajonta.

**Table 23.** Weight of bales and change of weight during storage.  $x$  is average, and  $s$  is standard deviation.

Kevätsato First cut Varastointiaika 293 päivää Storage time 293 days	Paino korjuun aikana kg Weight kg at harvest		Painon muutos varastoinnin aikana kg Change of weight during storage kg DM	
	$x$	$s$	$x$	$s$
A1 B1 C3	708	55	-24	42
B2 C3	684	42	-59	61
B3 C3	677	44	-29	24
A2 B1 C3	707	52	-63	52
B2 C3	702	87	-12	27
B3 C3	685	42	-36	27
A3 B1 C3	686	58	-30	55
B2 C3	672	37	-27	32
B3 C3	634	72	-27	10
Kesäsaato Second cut Varastointiaika 251 päivää Storage time 251 days	Paino korjuun aikana kg Weight kg at harvest		Painon muutos varastoinnin aikana kg Change of weight during storage kg DM	
	$x$	$s$	$x$	$s$
A1 B1 C3	548	97	0	4
B2 C3	562	144	-18	21
B3 C3	511	166	-7	9
A2 B1 C3	550	68	-19	9
B2 C3	544	79	-5	7
B3 C3	509	122	-2	6
A3 B1 C3	515	76	-8	5
B2 C3		120	-30	18
B3 C3	497	122	-1	4

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

### 3.10.2. Purettujen paalien aistinvarainen arvostelu

Paalit hajotettiin 7.-10.4.1992. Hometta oli 22 %:ssa puretuista kevätsadon paaleista ja niissä pintahomeen osuus oli vähäinen, alle 5 %. Paalin sisällä näkyvää hometta oli vähän lukuunottamatta neljää paalia, joissa hometta oli huomattavasti. Aistinvaraisen arvostelun mukaan suurin osa kevätsadon paaleista kuului luokkiin II ja III eli rehu oli nuorelle karjalle ja lihakarjalle kelpaavaa, mutta lypsylehmille sitä ei kannata syöttää (taulukko 24). Ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa rehun väri oli tumma ja haju tunkkainen. AIV-2-liuosta käytettäessä rehun väri oli kirkas ja haju raikas, joten säilöntäaineen edullinen vaikutus näkyi selvästi. Myös AIV-4-liuosta käytettäessä rehun väri oli kirkas ja haju melko raikas.

**Taulukko 24.** Hajotettujen keväsadon paalien paalikohtainen aistinvarainen arvostelu.  
**Table 24.** *Organoleptic assessment of opened bales of first cut.*

Keväsato <i>First cut</i>	Kuiva-ainepitoisuus <i>Dry matter %</i>	Pintahome <i>Mould on Surface</i>	Sisähome <i>Mould inside bale</i>	Arvostelu <i>Assessment</i>
A1 B1 C3	21,0	0	0	II
B1 C3	21,8	0	3	IV
B1 C3	26,1	1	1	III
A1 B2 C3	16,9	0	0	II
B2 C3	25,3	0	0	III
B2 C3	22,9	1	2	III
A1 B3 C3	20,3	0	0	II
B3 C3	21,0	0	0	I
B3 C3	33,3	0	0	II
A2 B1 C3	21,8	0	0	II
B1 C3	30,7	0	0	III
B1 C3	23,9	1	1	III
A2 B2 C3	23,7	0	0	I
B2 C3	36,7	0	1	III
B2 C3	37,4	0	1	III
A2 B3 C3	17,4	0	0	II
B3 C3	21,6	0	0	III
B3 C3	37,7	0	0	II
A3 B1 C3	18,8	0	0	II
B1 C3	22,2	0	1	III
B1 C3	19,0	1	2	IV
A3 B2 C3	17,8	0	0	II
B2 C3	20,6	0	0	IV
B2 C3	22,3	1	2	IV
A3 B3 C3	24,6	0	0	IV
B3 C3	38,9	0	0	IV
B3 C3	31,8	1	1	II

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

Suosittellaan ruokittavaksi:

*Recommended to feed to:*

I = Lypsylehmät *Dairy cows*

II = Nuorkarja *Young cattle*

III = Lihakarja *Beef cattle*

IV = Ruokintaan kelpaamatonta *Unsuitable for feeding*

Pintahome ja sisähome:

*Mould on surface and inside bale*

0 = ei hometta *no mould*

1 = < 5 %

2 = 5 - 25 %

3 = yli 25 %

Kesäsadossa pintahomeen osuus oli alle 5 % suurimmassa osassa paaleja. Kolmessa paalissa pintahometta oli yli 50 % pääasiassa paalin vaipassa (taulukko 25). Pintahometta on kehittynyt lähinnä yli 40 %:n ka-pitoisuudessa paalattuun rehuun. Sisähomeen määrä oli suuri pintahomeisissa paaleissa, mutta myös lisäksi kahdessa muussa paalissa. Aistinvarainen arvostelu osoitti suurimman osan rehua olevan sopivaa syötettäväksi lähinnä lihakarjalle.

**Taulukko 25.** Hajotettujen kesäsadon paalien paalikohtainen aistinvarainen arvostelu.**Table 25.** Organoleptic assessment of opened bales of second cut.

Kesäsato <i>First cut</i>	Kuiva-ainepitoisuus <i>Dry matter %</i>	Pintahome <sup>1)</sup> <i>Mould on surface<sup>1)</sup></i>	Sisähome <i>Mould inside bale</i>	Arvostelu <i>Assessment</i>
A1 B1 C3	56,5	2	3	III
B1 C3	75,2	1	3	IV
B1 C3	48,0	1 <sup>P</sup>	0	III
A1 B2 C3	62,5	1	1	II
B2 C3	43,4	1	0	II
B2 C3	24,7	0	0	III
A1 B3 C3	79,5	0	2	III
B3 C3	55,0	1	0	II
B3 C3	27,0	0	0	III
A2 B1 C3	61,8	1	0	II
B1 C3	57,0	1	1	III
B1 C3	48,4	2 <sup>P</sup>	2	IV
A2 B2 C3	73,0	1	1	II
B2 C3	57,6	0	0	II
B2 C3	27,1	0	0	III
A2 B3 C3	76,0	1	0	II
B3 C3	50,0	1	1	III
B3 C3	-	-	-	-
A3 B1 C3	66,7	3	3	IV
B1 C3	44,5	1	3	IV
B1 C3	63,5	1 <sup>P</sup>	1	II
A3 B2 C3	73,0	1	0	II
B2 C3	42,2	0	0	III
B2 C3	26,5	0	0	III
A3 B3 C3	75,7	0	0	II
B3 C3	45,4	1	0	II
B3 C3	-	-	-	-

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping \* plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping \* plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping \* plastic layers

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

Suositellaan ruokittavaksi:

Recommended to feed to:

I = Lypsylehmät Dairy cows

II = Nuorkarja Young cattle

III = Lihakarja Beef cattle

IV = Ruokintaan kelpaamatonta Unsuitable for feeding

1) p = hometta paalin päädyissä

1) p = mould at bale ends

Pintahome ja sisähome:

Mould on surface and inside bale:

0 = ei hometta no mould

1 = &lt; 5 %

2 = 5 - 25 %

3 = yli 25 %

Näkyvän pinta- ja sisähomeen määrä oli hyvin pieni syyssadon paaleissa (taulukko 26). Useimpien paalien päädyt olivat erittäin tummia. Rehu oli paalattaessa märkää ja märät paalit painuvat kasaan varastoitaessa, jolloin paalin päätyihin rehun ja muovin väliin jää vapaata tilaa. Tällöin ilmaa pääsee helposti paalin päätyihin ja seurauksena on virhekäyminen. Aistinvaraisen arvostelun mukaan suurin osa syyssadon paaleista oli nuorkarjalle ja lihakarjalle kelpaavaa.

Taulukko 26. Hajotettujen syyssadon paalien paalikohtainen aistinvarainen arvostelu.

Table 26. Organoleptic assessment of opened bales of third cut.

Syyssato <i>Third cut</i>	Kuiva-aine- pitoisuus <i>Dry matter</i> %	Pintahome <sup>1)</sup> <i>Mould on surface<sup>1)</sup></i>	Sisähome <i>Mould inside bale</i>	Arvostelu <i>Assessment</i>
A1 B1 C3	19,0	0	0	II
B1 C3	17,7	0 <sup>2</sup>	0	II
B1 C3	19,1	0	0	II
A1 B2 C3	16,7	0 <sup>2</sup>	0	II
B2 C3	18,0	0 <sup>2</sup>	1	III
B2 C3	20,6	1 <sup>1</sup>	0	III
A1 B3 C3	18,2	0 <sup>1</sup>	0	II
B3 C3	17,3	1 <sup>2</sup>	0	II
B3 C3	16,9	1 <sup>2</sup>	0	II
A2 B1 C3	16,8	0 <sup>2</sup>	0	II
B1 C3	18,5	0 <sup>2</sup>	0	III
B1 C3	-	-	-	-
A2 B2 C3	17,9	0 <sup>1</sup>	0	II
B2 C3	18,4	1 <sup>1</sup>	0	II
B2 C3	20,1	0	0	I
A2 B3 C3	17,3	1 <sup>1</sup>	0	III
B3 C3	18,0	0	0	II
B3 C3	18,5	0	0	I
A3 B1 C3	17,9	0	0	IV
B1 C3	16,3	1 <sup>2</sup>	1	IV
B1 C3	18,1	0	0	III
A3 B2 C3	17,5	1 <sup>2</sup>	1	II
B2 C3	19,0	1 <sup>2</sup>	0	II
B2 C3	19,1	1 <sup>p</sup>	0	IV
A3 B3 C3	19,3	0	0	I
B3 C3	17,4	0 <sup>2</sup>	0	II
B3 C3	16,2	1 <sup>2</sup>	0	II

A1 = säilöntä AIV 2

A1 = additive AIV 2

A2 = säilöntä AIV 4

A2 = additive AIV 4

A3 = säilöntä ilman säil.ain.

A3 = no additive

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

B1 = wrapping " plastic layers

B2 = kiedonta 6 muovikerroksella

B2 = wrapping " plastic layers

B3 = kiedonta 8 muovikerroksella

B3 = wrapping " plastic layers

C3 = varastointi ilman suojaa

C3 = without cover

## Suositellaan ruokittavaksi:

## Recommended to feed to:

I = Lypsylehmät Dairy cows

II = Nuorkarja Young cattle

III = Lihakarja Beef cattle

IV = Ruokintaan kelpaamatonta Unsuitable for feeding

1) p = hometta paalin päädyissä

p = mould at bale ends

1 = pääty musta

1 = black bale end

2 = molemmat päädyt mustat

2 = black at both bale ends

## Pintahome ja sisähome:

## Mould on surface and inside bale

0 = ei hometta no mould

1 = &lt; 5 %

2 = 5 - 25 %

3 = yli 25 %

## 4. TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1. Työvaiheiden aikamittaukset

Tässä tutkimuksessa mitattiin eri työvaiheisiin kulunutta suoritusaikaa, eikä mukaan otettu valmisteluaikaa ja kiinteää apuaikaa kuten Työtehoseuran mittauksissa ja laskelmissa tehdään. Lisäksi työaikamittauksiin vaikuttaa ajonopeus, kuljettajan taito, sato, paalauskoosteus, pellon pinnan muodot ja muut lohkokohtaiset olosuhdetekijät. Näin eri työaikamittausten vertailu on hyvin hankalaa.

### 4.2. Lämpötilamittaukset

Rehun pintaosan lämpötilaan vaikuttaa säilönnän onnistuminen, ulkolämpötila, muovikerrosten määrä ja varastointitapa. Säilönnän onnistuminen eli maitohappokäyminen, jolloin rehun pH laskee nopeasti säilöntäaineen avulla, vaikuttaa säilönnän alkuvaiheessa rehun lämpötilaan. Toisaalta paha virhekäyminen näkyy selvänä lämpötilan kohoamisena.

Kuutta muovikerrosta käytettäessä rehun pintaosan lämpötila oli alhaisempi kuin neljää muovikerrosta käytettäessä. Myös varastointitapa, nimenomaan suojapeitteen käyttö kohotti hellesäällä pintarehun lämpötilaa verrattuna ilman peitettä varastoituihin paaleihin. Osaltaan lämpötilan kohoamiseen vaikutti suojapeitteen tumma väri.

### 4.3. Raaka-aineen koostumus

Tavoitteena oli rehu, jonka raakavalkuainen olisi 16 - 18 % kuiva-aineesta ja raakakuitu 24 - 27 % kuiva-aineesta. Korjattu heinä oli pääasiassa nuorta, jolloin rehu tiivistyy paalattaessa hyvin. Näin edellytykset olivat hyvät säilörehun tekemiseen pyöröpaalimenetelmällä.

Koska kesän aikana saatiin paaleja varsin laajalta kuiva-ainealueelta, voidaan selvittää tavoitteellista kuiva-ainealuetta, joka soveltuu parhaiten pyöröpaalaukseen. Suuri merkitys saavutettuun kuiva-ainepitoisuuteen oli sään ohella työlevyeltään kapealla niittomurskaimella, jonka ohut karho kuivui aurinkoisella säällä erittäin nopeasti ja kastui helposti läpeensä pienenkin sadekuuron sattuessa.

Kesäsadon paalien koejäsenten eri menetelmien väliset hiukan suuremmat erot kemiallisissa pitoisuuksissa kevät- ja syysatoihin verrattuna johtunevat kesäsadon paalien korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta. Muuten säilörehujen raaka-aineiden kemiallinen koostumus kunkin sadon sisällä ei suuresti poikennut koejäsenten eri menetelmien kesken.

Raaka-aineen ja korjuuajankohdan lisäksi pyöröpaalirehun onnistumiseen vaikuttaa rehun sopiva kuiva-ainepitoisuus, joka on ruotsalaisten kokeiden mukaan 45 - 50 % (LINGVALL 1990). Täten rehun esikuivauksen pitää onnistua hyvin. Tässä tutkimuksessa osassa kevät- ja kesäsadon rehuista oli edellä mainittu kuiva-ainepitoisuus, mutta koko syysato jouduttiin korjaamaan märkänä huonojen säiden takia. Siten syysadon kuiva-ainepitoisuuden vaihtelu oli vähäistä, kun taas kesäsadon kuiva-ainepitoisuus vaihteli huomattavasti.

Kuiva-ainepitoisuuden määrittystä pyöröpaalissa vaikeuttaa se, että rehun kuiva-ainepitoi-

suus paalissa vaihtelee. Paalin vaipan puolelta noin 40 cm syvyyteen porattu näyte vastaa useasta kohdasta karhoa otettua näytettä.

#### 4.4. Rehujen säilönnällinen ja mikrobiologinen laatu

Rehun säilöntään vaikuttaa maitohappoa muodostavien bakteerien toiminta yhdessä hapettomien olosuhteiden kanssa (LINDGREN 1991). Hapettomissa oloissa kasvisolujen hajoaminen nopeutuu, jolloin ravinteita on maitohappobakteerien käytettävissä. Rehupaalin suhteellisen pieni tiheys aiheuttaa sen, että rehuun ei synny nopeasti hapetonta tilaa. Lisäksi korkea kuiva-ainepitoisuus hidastaa ravintoaineiden kulkeutumista rehussa. Tällöin kasvin solunesteiden vapautuminen ja anaerobisen maitohappokäymisen alkaminen viivästyy.

Hiivat ja homeet, toisin kuin voi-happobakteerit, pystyvät kasvamaan myös happamissa oloissa. Valtaosa sienistä kasvaa vain hapellisissa olosuhteissa, jolloin ne vaikuttavat negatiivisesti säilörehun säilymisedellytyksiin kuluttamalla kasvuunsa rehussa olevaa maitohappoa (McDONALD). Pyöröpaalisäilörehussa pintarehun hapen saantiin vaikuttaa eniten kiedotun muovikerroksen ilmatiiviys. Tähän taas vaikuttavat muovin laatu, muovituksen onnistuminen ja ympäristöolosuhteet. Ympäristötekijöistä tärkeimpiä ovat ilmanpaineen ja lämpötilan vaihtelut. Ilmanpaineen vaihtelu lisää etenkin kiedontalaitteella muovitetujen paalien ilmavuotoja (NILSSON 1991).

Keväällä tehtyjen paalien pintaosan rehuissa oli enemmän homeita kuin kesä- ja syysrehuissa. Se on johtunut ilmeisesti kevätrehujen pidemmästä varastointiajasta, jolloin alkukesän lämpötilan- ja ilmanpaineen vaihtelut ovat lisänneet ilmavuotoja. Lisäksi kiedontamuovin hapenläpäisevyys kasvaa lämpimällä ilmalla.

Maidon hinnoittelukriteerit tulevat tiukkenemaan. Vaikka meijereillä ei ole yhtenäistä hinnoittelua, Valio oy suosittelee nykyisten hinnoittelukriteerien lisäksi maidon hajua ja makua tai voi-happobakteeripitoisuutta tekijöiksi, jotka mahdollisesti jatkossa tulevat vaikuttamaan tuottajahintaan. Pyöröpaalisäilörehu sopii tiloille, joilla on lihakarjaa tai itseuudistuvaa naudanlihantuotantoa, jolloin samaa menetelmää käyttäen voidaan tehokkaasti korjata sekä säilörehu että kuivikkeena käytettävä olki. Lisäksi ei tarvitse rakentaa kallista rehuvarastoa.

##### 4.4.1. Kevätsato

Kevätrehujen säilyminen perustui säilöntäaineen avulla tapahtuneeseen maitohappokäymiseen ja kuiva-ainepitoisuuteen. Säilöntäaineen käyttö paransi selvästi kevätsadon paalien laatua. Korkea etikkahappopitoisuus ja voimakas valkuaisen hajoaminen osoittivat virhekäymisiä ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa. Säilöntäaineiden laatua parantava vaikutus korostui kevätsadossa kuiva-ainepitoisuuden kohotessa yli 25 %. Yli 20 % kuiva-ainepitoisuus paransi kaikilla säilöntämenetelmillä tehtyjen paalien varastointikestävyyttä. AIV 2- ja AIV 4-liuoksilla saatiin molemmilla hyvää rehua.

Kiedontamenetelmä ei vaikuttanut kesäsadon paalien laatuun. Kuitenkin kuusi ja kahdeksan muovikerrosta antoi neljää muovikerrosta paremman suojan paalin mekaanisia rasituksia vastaan.

Varastointimenetelmillä ei ollut vaikutusta keväsadon paalien laatuun. Paalien suojaaminen kuormapressulla oli erittäin työlästä. Keväsadon paalien varastointiaika on pitkä, jolloin pressuja jouduttiin tarkistamaan moneen kertaan. Erityisesti pressun painanteisiin kertyneen veden poistaminen oli hankalaa. Lisäksi lumi ja jää hankaloittivat pressujen poistoa talvella. Erityisesti keväsadossa lintuverkosta on hyötyä mikäli alueella on lintuja, koska paalien varastointiaika on pitkä. Tässä kokeessa varastointipaikalla ei esiintynyt lintuja. Talvella rastasverkkoa oli hankala käyttää, koska lumen paino rikkoi sen helposti. Ilman suojaa varastoidut paalit eivät tarvinneet mitään huoltoa varastoinnin aikana.

Voihappo-itiöiden määrä oli suuri muutamassa keväsadon paalissa. Siihen on vaikuttanut rehun alhainen alle 30 % kuiva-ainepitoisuus ja erityisesti alkukesän lämpimät säät. Voihappo-itiöiden määrä koskevat tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia eivätkä ole kovin luotettavia, koska tulosten tilastollinen käsittely ei ollut mahdollist alhaisen näytämäärän vuoksi.

#### 4.4.2. Kesäsato

Kesäsadon paalien säilyminen perustui osaksi säilöntäaineen avulla tapahtuneeseen maitohappokäymiseen mutta pääasiassa korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen. Korkean kuiva-ainepitoisuuden myötä maitohappokäyminen jää vähäiseksi, mutta toisaalta haitallisten voihappobakteerien kasvu hidastuu tai estyy kokonaan. Vapaiden happojen määrä rehussa oli alhainen, joka osoittaa rehun olleen alttiina jälkikäymiselle ja lämpenemiselle. Valkuaisen hajoaminen oli erittäin vähäistä.

Säilöntäaineet paransivat myös kesäsadosta tehdyn rehun laatua. Säilöntäaineiden laatua parantava vaikutus korostui kuiva-ainepitoisuudeltaan alle 60 % rehuissa. Kuiva-ainepitoisuudeltaan yli 60 % rehu oli kesäsadon huonointa, koska se oli liian kuivaa paalattaessa. Molemmat säilöntäaineet olivat varsin tasavahvoja, joskin kuiva-ainepitoisuudeltaan yli 60 % paaleista saatiin parempaa rehua AIV 4-liuoksella kuin AIV 2-liuoksella säilöittäessä.

Kuusi tai kahdeksan muovikerrosta paransivat säilöntäaineiden kanssa tehtyjen kesäsadon paalien laatua neljään muovikerrokseen verrattuna. Ilman säilöntäainetta tehtyjen paalien laatuun muovikerrosten lukumäärällä ei ollut vaikutusta. Kuuden ja kahdeksan muovikerroksen laatua parantava vaikutus korostui alle 45 % kuiva-ainepitoisuudessa.

Varastointimenetelmillä ei ollut vaikutusta kesäsadon paalien laatuun.

#### 4.4.3. Syysato

Syysrehujen säilyminen perustui pääasiassa säilöntäaineen avulla tapahtuneeseen maitohappokäymiseen ja myös siihen, että rehujen säilöntä tapahtui nimenomaan syksyllä. Syysrehujen viileä varastointikausi on ehkä rajoittanut virheikäymisiä.

Eri säilöntämenetelmillä ei ollut yhtä selvää vaikutusta syksyllä tehdyn rehun laatuun kuin keväällä ja kesällä tehtäessä. Kaikilla paalausmenetelmillä saatiin vähintään hyvää rehua. Ilman säilöntäainetta tehdyissä paaleissa tapahtunut käyminen on kuluttanut merkittävästi enemmän rehun sokereita kuin säilöntäaineiden kanssa tehdyissä paaleissa tapahtunut käyminen. Tällöin pH on pysynyt alhaisena ja myös ilman säilöntäainetta tehty rehu

on säilynyt hyvin. Kuitenkin kuiva-ainepitoisuuden kohottua yli 18,5 %, säilöntäaineiden kanssa tehtyjen paalien laatu nousi hyvästä erinomaiseksi.

Kiedonta ja varastointimenetelmillä ei ollut vaikutusta syyssadon paalien laatuun.

#### **4.5. Rehujen säilöntätappiot**

Kevät- ja kesärehujen rehupaalien painohävikki oli vähäinen. Syyssadon painohävikki oli huomattava, koska paalit olivat märkiä. Vähäinen paalirehun painonmuutos kevät- ja kesärehujen paaleissa johtui syyssrehua korkeammasta rehun kuiva-ainepitoisuudesta. Pitkälle esikuivattujen paalien painohävikki on lähinnä kuiva-ainehävikkiä, jonka osuus paalin painosta on kuitenkin pieni. Vastaava tulos saatiin JOKI-TOKOLAN (1991) sekä KJUSin ja RANDBYn (1991) tekemissä kokeissa.

Näkyvää pintahometta oli vähän joka viidennessä puretussa kevätsadon paalissa. Säilöntäaineen kanssa tehtyjen paalien rehu oli aistinvaraisen arvostelun perusteella parempaa kuin ilman säilöntäainetta tehtyjen. Pintahometta oli muodostunut kesäsadon yli 40 % kuiva-ainetta sisältävässä rehussa muutama paaliin huomattavasti. Hometta oli lähinnä paalin vaipassa.

Syyssrehu oli paalattaessa märkää ja märät paalit painuvat kasaan varastoitaessa, jolloin paalin päätyihin rehun ja muovin väliin jää tyhjää tilaa. Tällöin ilmaa pääsee helposti paalin päätyihin ja seurauksena on pintarehun pilaantuminen. Suuressa osassa syyssadon paaleja kävi näin, sillä toisessa paalin päädyssä tai molemmissa päädyissä pintarehu oli erittäin tummaa ja rehun haju oli tunkkainen. Vaikka pintarehu paalin päädyissä oli huonoa, paalin sisäosa oli melko hyvää rehua.

#### **4.6. Tulosten luotettavuus**

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää eri säilöntä-, kiedonta- ja varastointimenetelmien vaikutus kiedotun pyöröpaalisäilörehun laatuun kevät-, kesä- ja syyssadossa.

Säilöntäaineen käyttö paransi kaikkien rehujen laatua. AIV 2- ja AIV 4 -säilöttyjen paalien laadut eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan, joten kumpaakin säilöntäainetta käyttäen saatiin laadultaan yhtä hyvää rehua sekä kevät-, kesä että syyssadosta. Säilöntäaineiden käytön laatua parantava vaikutus kesäsadosta tehtyyn rehuun on epäluotettava, koska kesäsadon paaleja paalattaessa säilöntäaineiden annostus epäonnistui ja sekä AIV 2- että AIV 4 -säilöntäaineiden annostuksen suositusarvo ylitettiin keskimäärin 1,5 l/t.

Eri kiedontamenetelmät eivät vaikuttaneet kevät- ja syyssadon paalien laatuun. Sen sijaan kesäsadosta saatiin kuuteen ja kahdeksaan muovikerrokseen käärien laadultaan parempaa rehua kuin neljään muovikerrokseen käärien. Kesäsadon osalta tulos ei kuitenkaan ole luotettava, koska paalien kuiva-ainepitoisuus oli lähempänä kuivan heinän kuiva-ainepitoisuutta kuin esikuivatun säilörehun kuiva-ainepitoisuutta. Lisäksi kesäsadon raaka-aineessa oli tilastollisesti merkitseviä eroja eri kiedontamenetelmillä tehtyjen paalien välillä.

Varastointimenetelmät eivät vaikuttaneet kevät-, kesä- ja syysadon pyöröpaalisäilörehun laatuun. Paalit kannattaa varastoida ilman suojaa, koska peiton käytöstä koituu huomattava työmäärän lisäys. Mikäli alueella on lintuja niin verkon käyttö on suositeltavaa, koska se estää lintuja pääsemästä nokkimaan reikiä kiedontamuoviin.

NYSANDin (1989) mukaan pyöröpaalisäilörehua ei suositella tehtäväksi kesän ensimmäisestä sadosta. Syynä on kevätadon korkeampi varastointilämpötila ja siitä aiheutuva vilkkaampi haitallinen pieneliötoiminta. Tämä tulos kävi hyvin yksiin tämän tutkimuksen tulosten kanssa, jossa kevätadon laatu oli kesä- ja syysatoa heikompaa.

Säilöntäaineiden käyttöä pyöröpaalisäilörehussa on tutkittu varsin paljon. JONSSONin (ym. 1990) mukaan säilörehun pyöröpaalauksessa riittävä esikuivaus ja säilöntäaineiden käyttö parantavat säilörehun laatua. Esikuivaus ja säilöntäaine (muurahaihapo) alensivat rehun pH:ta, ammoniakki-, amiini- ja voihappotiöipitoisuuksia. Tämä tulos vastaa tässä tutkimuksessa saatuja varsinkin kevät- ja kesäadon rehujen tuloksia. Syysadon paalien rehu oli laadultaan hyvää vaikka sen kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 17,4 %. Syysadon rehun säilyminen onkin todennäköisesti perustunut pitkälti kevät- ja kesäatoa viileämpään varastointilämpötilaan.

LINGVALLin (1991) mukaan säilöntäainetta tulee käyttää kuiva-ainepitoisuudeltaan alle 40 % paaleissa. Tämän tutkimuksen mukaan säilöntäaineilla oli kuitenkin vielä selvästi rehun laatua parantava vaikutus myös 45-60 % kuiva-ainepitoisuudessa.

PAULYN (Ref. GULLANDER 1990) mukaan kevätadon paalit tulee kietoa 50 % limityksellä kuuteen muovikerrokseen ja kesä- ja syysatoon riittää 50 % limityksellä 4 muovikerrosta. Tässä tutkimuksessa erot erityisesti kevät- ja syysadosta tehtyjen rehujen laaduissa muovikerrosten lukumäärien vaihdellussa olivat pieniä. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin sama tulos, jonka SKJERVHEIM (1991 b) on myös todennut, että muovikerroksen hyvä lujuus mekaanista rasitusta vastaan on tärkeä ominaisuus sekä kiedonta- ja käsittelyvaiheessa sekä varastoinnissa.

FOSTERin (1989) mukaan hyvälaatuiseen kiedontamuoviin käärityt paalit eivät tarvitse varastointipaikalla muuta suojaa. Ainoastaan ääriolosuhteissa, esim. jos alueella on lintuja runsaasti, on järkevää suojata paalit verkolla. Tässä tutkimuksessa saatiin samanlainen tulos, sillä eri menetelmillä varastoitujen rehujen laadun vaihtelut olivat pieniä. Varastointimenetelmä riippuu lähinnä käytännön seikoista, esim. työvoimasta, varastointipaikan sijainnista ja paalien lukumäärästä.

Todennäköinen rehun laadun vaihtelu pyöröpaalin eri kohdissa, vaikeutti laatuun vaikuttavien tekijöiden selvittämistä, koska säilötyn rehun laatua kuvaavat näytteet otettiin paalin vastakkaisista päädyistä. Myös kesäadon paalien erittäin korkea kuiva-ainepitoisuus vaikeutti säilötyn rehun laatua kuvaavien näytteiden analysointia ja siten tutkittujen aineiden pitoisuuksien luotettavuutta. Tutkimuksen tavoitteeseen kuitenkin päästiin mutta tulokset eivät kesäadon osalta ole kovin yleistettäviä, koska säilöntäaineen annostus epäonnistui kesäadon korjuussa ja paalien kuiva-ainepitoisuus oli osassa paaleja säilörehuksi liian korkea. Kevät- ja syysatojen tulokset ovat hyvin yleistettäviä ainakin säilöntä- ja varastointimenetelmien suhteen. Kiedontamenetelmän vaikutus kevätadosta tehtyyn rehuun on osittain ristiriidassa aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna.

Jatkotutkimuksia ajatellen huomattiin, että tutkittavien tekijöiden määrä kannattaa rajata erittäin tarkasti, koska muuten tarvittavien koepaalien ja siten analysoitavien näytteiden määrä nousee kohtuuttoman suureksi. Jatkossa tulisi tutkia esimerkiksi säilörehun laadun vaihtelua paalin eri osissa ja pyöröpaalisäilörehun mikrobiologista laatua.

## 5. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin eri säilöntä-, kiedonta- ja varastointimenetelmien vaikutus muovikalvoon kiedotun pyöröpaalatun kevät-, kesä- ja syyssadon säilörehun laatuun.

Säilörehuksi korjattava nurmi kannattaa pyöröpaalimenetelmää käytettäessä niittää mieluummin hiukan nuorempana kuin mitä muita korjuumenetelmiä käytettäessä tehdään. Tällöin rehupaali tiivistyy paremmin ja rehun tiheys kasvaa, jolloin ilmaa jää vähemmän rehuun ja toisaalta ravintoaineita on paremmin mikrobin käytettävissä.

Suosittelava rehun kuiva-ainepitoisuus paalattaessa on vähintään 30 %, jolloin puristeme-hua ei irtoa, ja paaleista tulee ryhdikkäitä sekä hyvin muotonsa säilyttäviä pitkänkin varastoinnin aikana. Tämän tutkimuksen perusteella paras kuiva-ainepitoisuus on 30 - 40 %. Se on alhaisempi verrattuna norjalaisten ja ruotsalaisten tekemiin tutkimuksiin. Osaltaan tätä eroa selittää tässä tutkimuksessa tehdyt erittäin tiukat paalit, joiden säilöntä-edellytykset ilmeisesti olivat löysä paaleja paremmat. Kun paalien kuiva-ainepitoisuus nousi 20 %:sta 40 %:iin, samalla paalin paino kasvoi  $100 \text{ kg ka/m}^3$ :sta  $170 \text{ kg ka/m}^3$ :aan.

Kiedonnassa kannattaa käyttää 50 %:n limitystä ja kuutta muovikerrosta huolimatta siitä, että kustannukset nousevat kuutta muovikerrosta käytettäessä 5 mk paalia kohden verrattuna neljään muovikerrokseen. Rahan säästäminen muovin käytössä tulee helposti hyvin kalliiksi huonontuneen rehun laadun vuoksi. Märkä rehupaali painuu heti paalikam-miosta ulos tultaessa hiukan kasaan, jolloin kiedonnassa säädetty muovin limitys ei olekaan 50 %, vaan se voi epäsäännöllisen paalin aiheuttaman kehänopeuden muutoksen johdosta ollakin lähellä 0 %, jolloin neljää kerrosta kiedottaessa muovia on paikoin vain kaksi kerrosta.

Säilöntäaineen edullinen vaikutus rehun laatuun ja säilyvyyteen oli tilastollisesti merkit-sevä. Yllättävää oli se, että jopa yli 50 % kuiva-ainetta sisältävissä paaleissa säilöntä-aineella oli rehun säilyvyyttä parantava vaikutus. Kuivana paalatun rehun laatuun on ilmeisesti vaikuttanut myös hieman liian suuri säilöntäainemäärä, joten tuloksen luotetta-vuus on kyseenalainen. Kuitenkin säilöntäaineen vaikutus rehun laatuun osoittaa myös sen, että säilöntäaineen levitys onnistui hyvin.

Pyöröpaalien varastoinnissa paalien peittäminen on turhaa, koska se kohottaa pintarehun lämpötilaa kesällä ja peitteen käsittely talvella on hankalaa jään ja lumen vuoksi. Sen sijaan lintuverkon käyttö on perusteltua paikassa, jossa linnut nokkivat helposti reikiä paaleihin. Pystyasentoon pinotut paalit kestävät paremmin muodonmuutoksia kuin vaaka-asentoon pinotut. Paalin painuessa kasaan muoviiin syntyy venymiä, joista ilmaa vuotaa rehuun.

Yli 30 % kuiva-ainetta sisältävien paalien painohävikki varastoinnin aikana on vähäinen, koska niistä ei erity puristenestettä. Märästä paalirehusta erittyy puristenestettä tavanomais-

ta vähemmän, koska rehua ei painoteta. Pitkälle esikuivatun paalirehun painohävikki on lähinnä kuiva-ainehävikkiä, joka on kuitenkin pieni.

Pyöröpaalissa pintarehun osuus on suuri. Halkaisijaltaan 125 cm paalissa 18 cm kerros ulkokehässä vastaa 50 % paalin tilavuudesta ja yli 50 % paalin painosta, jos rehu on paa-lattu kiinteäkammioista paalainta käyttäen. Tällöin pintarehun suuri osuus ja sen hapen saanti korostaa kiedotun paalin muovikerroksen ilmatiivyyden merkitystä. Muovikerroksen ilmatiivyyteen vaikuttavat muovin laatu, muovituksen onnistuminen ja ympäristötekijät.

Jatkotutkimusta tarvitaan entsyymi- ja bakteeripohjaisten säilöntäaineiden käytöstä pyöröpaalauksessa kuten muutenkin niiden käytöstä rehun teossa. Silppuamattoman ja silputun raaka-aineen vaikutusta pyöröpaalirehun laatuun olisi tutkittava rehun kuiva-ainepitoisuuden vaihdellessa.

## 6. SAMMANFATTNING

Försökets syfte var att undersöka hur olika ensileringsmedel, antal sträckfilmslager runt balarna och olika sätt att täcka balarna under lagringen inverkar på rundbalsensilagens kvalitet i vår-, sommar- och höstskörd.

Vall som skördas till ensilage med rundbalsmetoden lönar det sig att slå helst på litet yngre växtstadium än vad man gör med andra ensilagemetoder. Härvid blir balen tätare och ensilagens densitet ökar, varvid det lämnar så litet luft i balen som möjligt och näringsämnen blir lättare tillgängliga för mikrober.

Minst 30 % torrsubstanshalt i grönmassan vid pressningen rekommenderas. Då frigörs ingen pressaft, balarna blir välformade och håller formen även under lång lagring. Enligt det här försöket är den bästa torrsubstanshalten 30 - 40 %. Det är lägre än enligt undersökningar gjorda i Norge och Sverige. En förklaring till denna skillnad kan vara att i detta försök pressades synnerligen täta balar, vilkas förutsättning för lyckad konservering tydligen var bättre än lösa balars. När balarnas torrsubstanshalt ökade från 20 % till 40 %, ökade samtidigt balarnas densitet från 100 kg torrsubstans/m<sup>3</sup> till 170 kg torrsubstans/m<sup>3</sup>.

Vid sträckfilmslindning av balarna lönar det sig att använda 50 % överlappning och sex plastlager trots att kostnaden stiger vid användning av sex plastlager med 5 mk per bal jämfört med fyra plastlager. Att spara pengar i användningen av plast blir lätt mycket dyrt i form av dålig ensilagekvalitet. Blöta balar sjunker ihop något strax efter pressningen och blir mer eller mindre ovala, vilket gör att de roterar med ojämn periferihastighet på inplastaren. Den verkliga överlappningen blir då inte den inställda 50 % utan kan ställvis vara nära 0 %, varvid man om man lindar fyra plastlager ställvis får bara två lager.

Myrsyrabaserat ensileringsmedel hade en positiv, statistiskt signifikant inverkan på ensilagekvaliteten. Det var överraskande, att till och med i balarna med över 50 % torrsubstanshalt hade ensileringsmedel en positiv inverkan på ensilagekvaliteten. Här kan dock det faktum ha inverkat, att den torra grönmassan fick något för mycket ensileringsmedel, varför resultatets tillförlitlighet kan ifrågasättas. Trots detta visar ensilerings-

medlets positiva inverkan på ensilagekvaliteten att tillsättningen av ensileringsmedlet lyckades väl.

Täckning av balarna med presennig e. dyl. under lagring är onödigt, eftersom det höjer ytensilagets temperatur på sommaren och hanteringen av presenningarna på vintern är besvärligt på grund av is och snö. Däremot är bruk av fågelnet motiverad på platser, där fåglarna hackar hål på balarna. Balar staplade i upprätt ställning (på gaveln) motstår bättre formförändring än balar staplade i vågrätt ställning (på mantelytan). När balen sjunker ihop uppstår uttänjningar i plasten, så att luft tränger in i balen.

Viktförlusten under lagring är liten i balar med över 30 % torrsubstanshalt, eftersom det inte frigörs pressaft från dem. Från blöta balar frigörs mindre pressaft än från siloensilage med motsvarande torrsubstanshalt, eftersom balensilage har en mindre packningsgrad än siloensilage. Viktförlusten i långt förtorkat rundbalsensilage är närmast torrsubstansförlust, som ändå är liten.

Ytensilagets mängd i rundbalen är stor. I en bal med diametern 125 cm och bredden 120 cm motsvarar ett 18 cm ytskikt 50 % av balens volym och över 50 % av balens vikt, om balen har pressats med fixkammarpres. Ytensilagets stora andel och dess utsatthet för syretillträde betonar därför betydelsen av att plastskiktet är lufttätt. På plastskiktets lufttätthet inverkar plastkvaliteten, hur inplastningen lyckas och yttre faktorer som väder och skadedjur.

Fortsatt forskning behövs om bruk av enzym- och bakteriebaserade ensileringsmedel i rundbalsensileringen, liksom om bruket av dem i övrig ensilering. Det borde också undersökas hur hackning av grönmassan i samband med pressningen inverkar på ensilagekvaliteten vid olika torrsubstanshalter.

## 7. SUMMARY

The effect of different additives and wrapping and storing methods on grass silage quality was examined for silage made into round bales and wrapped in plastic. The silage was made of grass from the first, second and third cut.

Grass intended for round bale silage should be mowed at a little younger stage than that intended for other forms of silage. This means that the bale becomes tighter, i.e. the density of the bale increases, whereby less air remains in the bale and the nutrients are better available to microbes.

The recommended dry matter of the grass when baling is at least 30%, since then the bales do not give off effluent and keep a good shape during the storage period. In this study the best dry matter class was 30 - 40%, which was lower than in studies made in Norway and Sweden. One explanation to this difference is the very tight bales that were made in this study; tight bales are preserved better than loose bales. When the dry matter of the bales increased from 20% to 40%, the bale density increased from 100 to 170 kg dry matter/m<sup>3</sup>.

Despite the increase in cost of 5 mk per bale, it is recommended to use 50 % overlapping and six layers of plastic film rather than four plastic layers. Economizing on the use of plastic can become very expensive in the form of deteriorated silage quality. Wet silage bales collapse and become more or less oval immediately after coming out from the bale chamber, which means that they rotate with an uneven peripheral speed on the wrapper. The actual overlapping is then not the pre-adjusted 50%, but may be almost 0% at some places of the bale. This means that when wrapping four layers, there may in fact be just two layers at some parts of the bale.

Use of formic acid additives has a favourable effect on the quality of round bale silage. It is surprising that the use of additives had a positive effect even in bales containing over 50% dry matter. The fact that these dry bales got a little too much additive may have had an influence on this, and therefore the reliability of the result can be questioned. However, the result also shows that the spreading of additives succeeded well.

Covering the bales with tarpaulins or other covers during storage is unnecessary, because it increases the surface temperature of the silage in summer, and in winter the handling of coverings is troublesome due to ice and snow. Instead the use of birdnet is well-justified in such places, where birds can peck holes in the plastic wrapping. Bales stacked in upright position (standing on the flat side) resist changes in shape better than bales stacked in horizontal position (on the jacket surface). When a bale collapses it causes stretches in the plastic wrapping where air leaks into the bale.

The weight loss during storage is small in bales with over 30% dry matter, because they do not give off effluent. Effluent emission from bales with a high moisture content is smaller than from silage with the same moisture content in silos, because round bale silage has a lower degree of compaction than silage in a silo. The weight loss in round bale silage that has been pre-wilted for a long time, i.e. that has a high dry matter content, is mainly dry matter loss. This loss is small, however.

The proportion of silage near the surface is big in a bale. When the bale diameter is 125 cm and the width 120 cm then an 18 cm layer around the bale surface contains 50% of the total volume of the bale, and more than 50% of its total weight if it has been baled by using a fixed chamber baler. The big proportion of surface silage and its vulnerability regarding air access to it emphasize the importance of an airtight wrapping. Factors that influence the airtightness of the wrapping are the quality of the plastic, how the wrapping succeeds and environmental factors such as weather and vermin.

More research is needed concerning the use of inoculants and enzymes in round bale silage making as well as their use in other silage-making methods. It should also be studied how chopping of the crop in connection with the baling affect the quality of round bale silage at different dry matter levels.

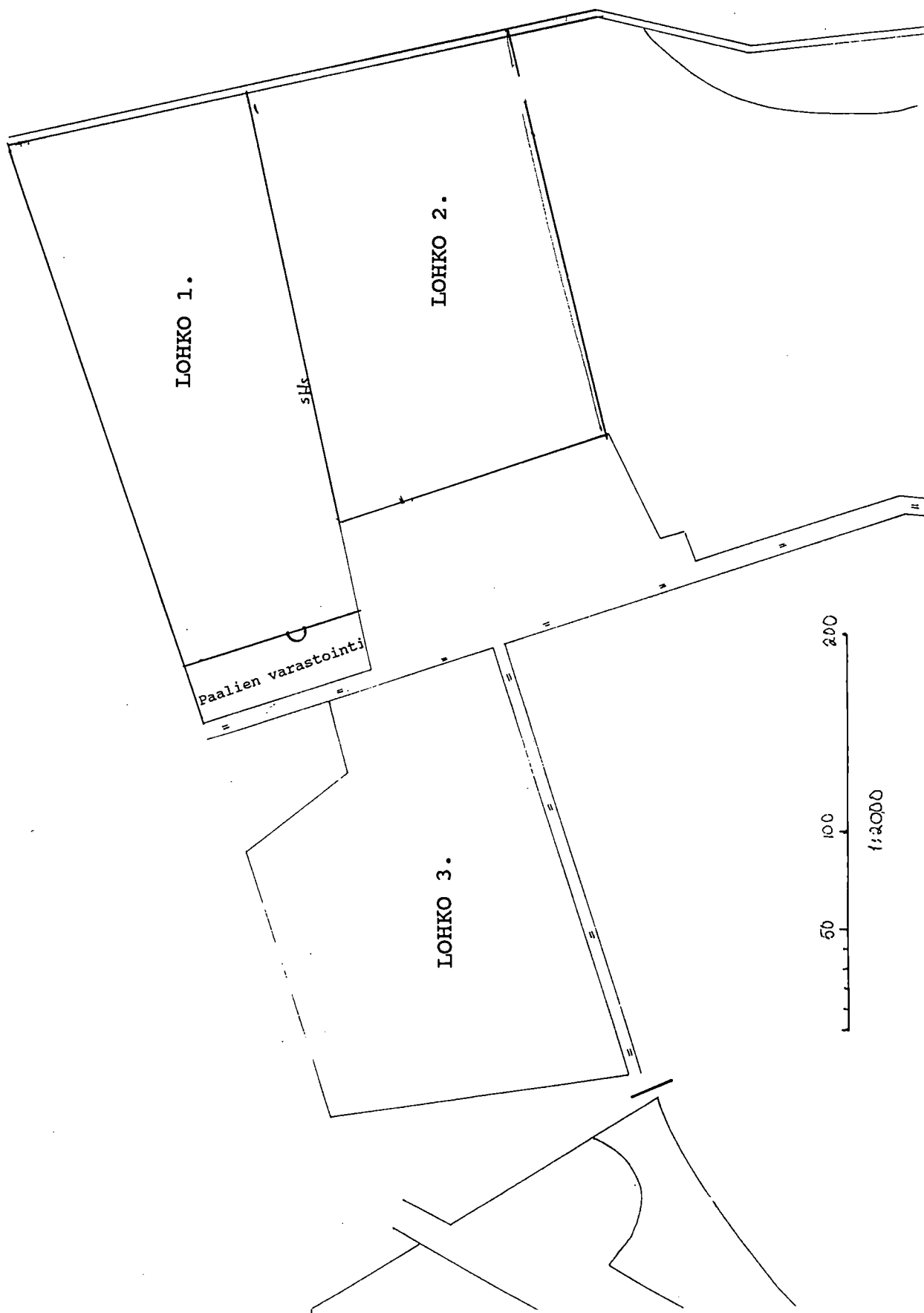
**KIRJALLISUUSLUETTELO**

1. ANON. 1987. Wrapper round-up. Power Farming 3: U12.
2. --" 1987. Unwrapping the silawrap. Power Farming 3: U9
3. --" 1990. New Holland monitoimipyöröpaalaimet -esite, mallit 835 ja 865. Ford New Holland Inc., 500 Diller Avenue, PA 17557, U.S.A..
4. --" 1990. Pyöröpaalien kiedontalaitteiden ryhmäkoetus. VAKOLAn koetuselostus 1286: 1 - 17.
5. ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. 1987. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. Summary: Benzoic acid as silage preservative. Maatal. tutkim.kesk. tiedote 21: 67 - 86.
6. EVANS, D. 1989. The pros and cons of wrapping and bagging. Big bale silage. Proceedings of a conference, National Agricultural Center. Stoneleigh, UK, 16 February 1989. s. 7.1 - 7.6.
7. FORSTER, T. 1989. Handling and storage of big bales. Big bale silage. Proceedings of a conference, National Agricultural Center. Stoneleigh, UK, 16 February 1989. s. 8.1 - 8.4.
8. GAILLARD, F. 1992. Measure of Airtightness of Stretch Films Used for Ensiling. Internatinal Conference on Agricultural Engeneering. Uppsala, 1 - 4 June, 1992. s. 90 - 92.
9. GULLANDER, L. 1990. Myrsyratillsats till inplastade rundbalar. Effekt på kemisk sammansättning och mikrobiologisk kvalitet. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbruksteknik. Institutionsmeddelande 90:09: 1 - 28.
10. HAIGH, P.M. 1987. The Effect of Dry Matter Content and Silage Additives on the Fermentation of Grass Silage on Commercial Farms. Grass and Forage Science 42: 1 - 8.
11. HAKKOLA, H. 1987. Korjuuaika ratkaisee ruohon rehuarvon. Käytännön Maamies 6: 38 - 39.
12. HEIKKILÄ, T. & TOIVONEN, V. 1987. Nurmirehun biologiset säilöntäaineet. Käytännön Maamies 9: 41 - 44.

13. HELMINEN, J. 1987. Voihappo pilaa rehua ja juustoa. *Karjatalous* 4: 26 - 27.
14. HOWE, S. 1987. New developments in big bale silage. *Developments in silage -seminar paper*. Oxford, UK, 18 March, 1987. s. 7 - 22.
15. HUSU, J. 1990. *Epidemiological and Experimental Studies of Listeria Infection*. Helsinki. 66 s.
16. JOKI-TOKOLA, E. 1989. Säilörehun eri korjuuvaihtoehdot. *Koetoiminta ja käytäntö* 19.12.1989. s. 79.
17. ---"--- 1991. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. *Maatalouden tutkim.kesk. tiedote* 23: 1 - 27.
18. JOHNSON, U. 1991. Faktorer som inverkar på sporinnehållet i mjölk samt dess inverkan på mejeriprodukternas kvalitet. *Ensilering i rundballer*. NJF-seminar 201. Hverageroi, Island, 24 - 25 Oktober, 1991.
19. JONSSON, A., LINDBERG, H., SUNDÅS, S., LINGVALL, P. & LINDGREN, S. 1990. Effect of additives on the quality of big bale silage. *Animal feed science and technology*. 39: 139 - 155.
20. KJUS, O. & RANDBY, Å. 1991. Faktorer som påverkar surförkvaliteten i rundballer. *Ensilering i rundballer*. NJF - seminar 201. Hverageroi, Island, 24 -25 Oktober, 1991.
21. KLINNER, W. 1988. Harvesting technology for forage and seed crops. *Engineering Advances for Agriculture and Food*. Jubilee Conference of the Institution of Agricultural Engineers. Cambridge, 12 - 15 September 1988. s. 197 - 206.
22. KOTIMAA, M. 1990. Occupational Exposure to Airborne Spores of Fungi and Actinomycetes with Special Emphasis on Agricultural Work. *Kuopio*. 57 s.
23. LAMPINEN, K. 1989. Lypsylehmille syötettävän säilörehun optimivalkuaispitoisuus. *Koetoiminta ja käytäntö* 4.4. 1989. s. 26.
24. LINDGREN, S. 1991. Konserveringsmekanismen vid ensilering. *Ensilering i rundballer*. NJF-seminar 201. Hverageroi, Island, 24 - 25 Oktober, 1991.

25. LINGVALL, P. 1991. Rundbalskonservering. Ensilesing i rundballer. NJF-seminar 201. Hverageroi, Island, 24 - 25 Oktober, 1991.
26. MARSHALL, I. & HOWE, S. 1989. Advances in big bale mechanization. Big bale silage. Proceedings of a conference, National Agricultural Center. British Grassland Society. s. 3.1 - 3.16.
27. McDONALD, P., HENDERSON, A.R. & HERON, S.J.E. 1991. The biochemistry of silage. Aberystwyth. 340 s.
28. MEYER, H., PIRELLI, G. & WILKINSON, D. 1987. Conserving forage as round bale silage. Oregon State University Extension Service. Extension circular 1259: 1 - 4.
29. MIETTINEN, H. 1990. Säilörehun maittavuuden arviointi rehun laatu ja koostumustietojen perusteella. Suom. maat.tiet. seuran tiedote 13: 10 - 14.
30. MOISIO, T., HEIKONEN, M. & SALMINEN, K. 1988. AIV-rehun uusittu laadunarvostelu. Karjatalous 12: 16 - 20.
31. MOISIO, T. & HEIKONEN, M. 1989. A Titration Method for Silage Assessment. Animal Feed Science and Technology. 22: 341 - 353.
32. NILSSON, E. 1991. Inläckning av luft i ensilerade rundbalar beroende på väderleksbetingelser. NJF -seminar 201. Hverageroi, Island, 24 - 25 Oktober, 1991.
33. NOUSIAINEN, J. 1989. Nurmirehun säilöntäaineiden annostus ja käyttö. Maito ja me 4: 8.
34. NYSAND, M. 1989. Säilörehun korjuu pyöröpaalaimella. Maatal. kesk. liiton julk. 777: 1 - 30.
35. NUMMI, M. 1991. Rehun biologinen säilöntä kiinnostaa. Pellervon peltoliite. Kesä 1991. s. 22 - 25.
36. O'DOHERTY, M. 1988. Research on forage mowing. Engineering Advances for Agriculture and Food. Jubilee Conference of the Institution of Agricultural Engineers. Cambridge, UK, 12 - 15 September, 1988. s. 73 - 74.
37. PAULY, T. 1991. Simuleringsstudier av rundbalensilering i laboratorieskala. Ensilering i rundballer. NJF-seminar 201. Hverageroi, Island, 24 - 25 Oktober, 1991.

38. PELTOLA, I. 1987. Pyöröpaalisäilörehun laatu. Työtehoseuran maataloustiedote 3: 1 - 4.
39. RAURAMAA, A. 1984. Säilörehu ja sen raaka-aine. Karjatalous 4: 8 - 9.
40. ---"---, SETÄLÄ, J., MOISIO, T., HEIKKILÄ, T. & LAMPILA, M. 1987. The effects of inoculants and cellulase on the fermentation and microbiological composition of grass silage. I Biochemical changes in silage. Selostus: Maitohappobakteeri- ja sellulaasientsyymilisäyksen vaikutus nurmisäilörehun käymiseen ja mikrobiologiseen koostumukseen. I Biokemialliset muutokset säilörehussa. Maatal. tiet. aikak. 59: 361 - 370.
41. ---"---, SETÄLÄ, J., MOISIO, T., SIVELÄ, S., HEIKKILÄ, T. & LAMPILA, M. 1987. The effects of inoculants and cellulase on the fermentation and microbiological composition of grass silage. II Microbiological changes in the silage. Selostus: Maitohappobakteeri- ja sellulaasient syymilisäyksen vaikutus nurmisäilörehun käymiseen ja mikrobiologiseen koostumukseen. IIMikrobiologiset muutokset säilörehussa Maatal. tiet. aikak. 59: 371 - 377.
42. SARIOLA, J., TUUNANEN, L., ESKELINEN, T., LOUHELAINEN, K. & RIPATTI, T. 1992. Viljankuivauksen pölyhaitat. VAKOLAn tutkimusselostus 61: 1 - 78.
43. SKJERVHEIM, K. 1991 a. Proving av rundballepresser. Ensilering i rundballer. NJF-seminar 201. Hverageroi, Island, 24 - 25 Oktober, 1991.
44. ---"--- 1991. Provemetodar og krav til ensileringsplast. Ensilering i rundballer. NJF-seminar 201. Hverageroi, Island, 24 - 25 Oktober, 1991.
45. SPENCER, H. & LAMOND, W. 1988. Factors influencing the performance of modern mower conditioning machinery. Engineering Advances for agriculture and - Food. Jubilee Conference of the Institution of Agricultural Engineers. Cambridge, UK, 12 - 15 September, 1988. s. 83 - 84.
46. STARK, B. & WILKINSON, J. 1988. Silage effluent. Aberystwyth. 85 s.



SYYSSATO

KESÄSATO

KEVÄTSATO

peitto, 27 paalia

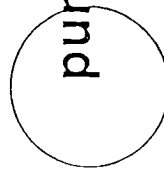
peitto, 26 paalia

peitto, 27 paalia

verkko, 27 paalia

verkko, 25 paalia

verkko, 27 paalia



punnitus- ja näytteenottopaikka

mittauskoppi

ei suojaa, 27 paalia

ei suojaa, 25 paalia

ei suojaa, 27 paalia

PAALAU SJÄR JESTYS

Liite 3.

Kevätsato

Kesäsato

Syysato

1 a 4 P 7 a 4 P  
 1 a 4 V 7 a 4 V  
 1 a 4 E 7 a 4 E  
 1 p 4 P 7 p 4 P  
 1 p 4 V 7 p 4 V  
 1 p 4 E 7 p 4 E  
 1 e 4 P 7 e 4 P  
 1 e 4 V 7 e 4 V  
 1 e 4 E 7 e 4 E

10 a 4 P 16 a 4 P  
 10 a 4 V 16 a 4 V  
 10 a 4 E 16 a 4 E  
 10 p 4 P 16 p 4 P  
 10 p 4 V 16 p 4 V  
 10 p 4 E 16 p 4 E  
 10 e 4 P 16 e 4 P  
 10 e 4 V 16 e 4 V  
 10 e 4 E 16 e 4 E

19 a 4 P 25 a 4 P  
 19 a 4 V 25 a 4 V  
 19 a 4 E 25 a 4 E  
 19 p 4 P 25 p 4 P  
 19 p 4 V 25 p 4 V  
 19 p 4 E 25 p 4 E  
 19 e 4 P 25 e 4 P  
 19 e 4 V 25 e 4 V  
 19 e 4 E 25 e 4 E

2 a 6 P 8 a 6 P  
 2 a 6 V 8 a 6 V  
 2 a 6 E 8 a 6 E  
 2 p 6 P 8 p 6 P  
 2 p 6 V 8 p 6 V  
 2 p 6 E 8 p 6 E  
 2 e 6 P 8 e 6 P  
 2 e 6 V 8 e 6 V  
 2 e 6 E 8 e 6 E

11 a 6 P 17 a 6 P  
 11 a 6 V 17 a 6 V  
 11 a 6 E 17 a 6 E  
 11 p 6 P 17 p 6 P  
 11 p 6 V 17 p 6 V  
 11 p 6 E 17 p 6 E  
 11 e 6 P 17 e 6 P  
 11 e 6 V 17 e 6 V  
 11 e 6 E 17 e 6 E

20 a 6 P 26 a 6 P  
 20 a 6 V 26 a 6 V  
 20 a 6 E 26 a 6 E  
 20 p 6 P 26 p 6 P  
 20 p 6 V 26 p 6 V  
 20 p 6 E 26 p 6 E  
 20 e 6 P 26 e 6 P  
 20 e 6 V 26 e 6 V  
 20 e 6 E 26 e 6 E

3 a 8 P 9 a 8 P  
 3 a 8 V 9 a 8 V  
 3 a 8 E 9 a 8 E  
 3 p 8 P 9 p 8 P  
 3 p 8 V 9 p 8 V  
 3 p 8 E 9 p 8 E  
 3 e 8 P 9 e 8 P  
 3 e 8 V 9 e 8 V  
 3 e 8 E 9 e 8 E

12 a 8 P 18 a 8 P  
 12 a 8 V 18 a 8 V  
 12 a 8 E 18 a 8 E  
 12 p 8 P 18 p 8 P  
 12 p 8 V ~~18 p 8 V~~  
 12 p 8 E ~~18 p 8 E~~  
 12 e 8 P ~~18 e 8 P~~  
 12 e 8 V ~~18 e 8 V~~  
 12 e 8 E ~~18 e 8 E~~

21 a 8 P 27 a 8 P  
 21 a 8 V 27 a 8 V  
 21 a 8 E 27 a 8 E  
 21 p 8 P 27 p 8 P  
 21 p 8 V 27 p 8 V  
 21 p 8 E 27 p 8 E  
 21 e 8 P 27 e 8 P  
 21 e 8 V 27 e 8 V  
 21 e 8 E 27 e 8 E

4 a 4 P  
 4 a 4 V  
 4 a 4 E  
 4 p 4 P  
 4 p 4 V  
 4 p 4 E  
 4 e 4 P  
 4 e 4 V  
 4 e 4 E

13 a 4 P  
 13 a 4 V  
 13 a 4 E  
 13 p 4 P  
 13 p 4 V  
 13 p 4 E  
 13 e 4 P  
 13 e 4 V  
 13 e 4 E

22 a 4 P  
 22 a 4 V  
 22 a 4 E  
 22 p 4 P  
 22 p 4 V  
 22 p 4 E  
 22 e 4 P  
 22 e 4 V  
 22 e 4 E

5 a 6 P  
 5 a 6 V  
 5 a 6 E  
 5 p 6 P  
 5 p 6 V  
 5 p 6 E  
 5 e 6 P  
 5 e 6 V  
 5 e 6 E

14 a 6 P  
 14 a 6 V  
 14 a 6 E  
 14 p 6 P  
 14 p 6 V  
 14 p 6 E  
 14 e 6 P  
 14 e 6 V  
 14 e 6 E

23 a 6 P  
 23 a 6 V  
 23 a 6 E  
 23 p 6 P  
 23 p 6 V  
 23 p 6 E  
 23 e 6 P  
 23 e 6 V  
 23 e 6 E

6 a 8 P  
 6 a 8 V  
 6 a 8 E  
 6 p 8 P  
 6 p 8 V  
 6 p 8 E  
 6 e 8 P  
 6 e 8 V  
 6 e 8 E

15 a 8 P  
 15 a 8 V  
 15 a 8 E  
 15 p 8 P  
 15 p 8 V  
 15 p 8 E  
 15 e 8 P  
 15 e 8 V  
 15 e 8 E

24 a 8 P  
 24 a 8 V  
 24 a 8 E  
 24 p 8 P  
 24 p 8 V  
 24 p 8 E  
 24 e 8 P  
 24 e 8 V  
 24 e 8 E

A = paaliryhmännumero 1-27, ryhmänumeron avulla kerranteet voidaan erottaa toisistaan ja sen avulla tiedetään onko paali

kevätsatoa = 1-9

1-3 = 1. kerranne

4-6 = 2. kerranne

7-9 = 3. kerranne

kesäsatoa = 10-18

10-12 = 1. kerranne

13-15 = 2. kerranne

16-18 = 3. kerranne

syyssatoa = 19-27

19-21 = 1. kerranne

22-24 = 2. kerranne

25-27 = 3. kerranne

B = paalausmenetelmäkoodi,

a = paalaus AIV 2 -hapolla

p = paalaus AIV 4 -hapolla  
(=propionibentsoehapolla)

e = ei säilöntäainetta

C = kiedontamenetelmäkoodi,

4 = kiedonta 2+2 -menetelmällä

6 = kiedonta 2+2+2 -menetelmällä

8 = kiedonta 2+2+2+2 -menetelmällä

D = varastointimenetelmäkoodi,

P = varastointi kuormapressun alle

V = varastointi lintuverkon alle

E = ei peittoa

Liite 5.

Kevätsadon paaleista tutkittujen aineiden pitoisuudet ja laatuluokka eri kuiva-aineluokissa 12.11.1991 ja 6.4.1992 otettujen näytteiden mukaan.

Ka-luokka		pH			Maitohappo -g/kg			Etikkahappo -g/kg			Vapaat hapot -g/kg			Sokeri -g/kg			Ammon.+ amiinit-%			Laatu-luokka		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A1	I	4,5	4,8	4,5	10,8	10,5	12,8	3,6	4,9	2,5	8,6	6,5	8,0	7,3	12,4	32,0	29,5	34,2	20,3	2	3	1
	II	5,1	5,0	4,5	7,6	9,1	13,6	6,5	5,9	2,9	6,5	5,8	8,3	5,5	9,8	31,2	45,9	39,7	19,5	3	3	1
A2	I	4,4	4,5	4,4	9,0	11,5	13,2	5,1	4,6	3,8	9,5	9,1	9,6	10,2	17,5	31,4	32,5	28,5	20,3	2	2	1
	II	4,8	4,7	4,7	9,0	11,1	12,0	5,1	4,4	4,0	8,9	8,2	7,9	10,3	17,3	33,6	40,2	32,0	19,9	3	2	1
A3	I	4,6	5,0	5,0	8,8	10,9	11,1	8,4	8,1	4,5	9,6	6,7	4,7	6,4	10,4	26,8	42,1	46,2	33,8	3	3	3
	II	5,1	5,2	5,1	6,3	11,1	11,9	8,6	7,7	4,4	6,9	5,6	5,6	3,7	8,4	37,3	48,9	48,3	29,6	4	3	2
B1	I	4,5	4,9	4,6	10,0	10,0	13,4	6,1	6,4	3,9	9,6	6,6	8,5	7,3	13,2	26,1	37,2	37,5	26,3	3	3	2
	II	4,9	5,2	4,6	7,4	8,8	13,5	8,9	6,6	3,9	8,7	4,9	8,6	5,5	10,3	33,3	48,0	43,4	17,5	3	3	1
B2	I	4,4	4,6	4,8	11,3	11,0	11,1	5,6	5,3	3,5	10,0	8,1	6,8	8,0	13,7	29,5	34,9	33,3	25,2	3	3	2
	II	5,0	4,9	4,7	7,8	10,2	12,6	5,8	6,2	3,7	7,6	6,9	7,1	6,3	10,5	30,8	43,2	40,9	28,0	3	3	2
B3	I	4,6	4,7	4,6	7,4	12,0	12,6	5,5	5,9	3,4	8,0	7,7	7,4	8,7	13,3	34,6	32,0	38,4	22,9	2	3	1
	II	5,0	4,9	4,8	7,6	12,3	11,3	5,5	5,2	3,8	6,0	7,7	6,1	7,7	14,8	37,9	43,8	35,7	23,5	3	3	2
C1	I	4,7	4,5	4,5	8,9	13,7	14,8	7,5	5,0	3,6	8,5	9,1	8,8	6,5	15,0	32,5	40,5	33,4	22,6	3	3	1
	II	4,6	4,8	4,6	7,4	11,5	13,1	8,1	5,4	3,4	10,2	7,8	8,1	4,9	12,9	38,4	45,8	36,7	21,1	4	3	1
C2	I	4,4	4,8	4,7	9,7	10,6	11,3	5,4	6,2	3,7	9,4	7,1	7,2	6,8	13,5	31,4	34,1	39,4	21,9	3	3	1
	II	4,8	5,4	4,8	8,5	9,2	14,1	5,8	5,6	3,7	7,5	4,1	7,1	8,4	12,1	31,3	41,9	44,7	26,6	3	3	2
C3	I	4,4	4,9	4,7	10,1	8,7	11,0	4,3	6,4	3,6	9,8	6,3	6,3	10,7	11,7	26,3	29,5	36,2	29,8	2	3	2
	II	5,6	4,8	4,9	6,9	10,6	10,2	6,2	7,0	4,3	4,7	7,7	6,5	6,2	10,6	32,3	47,3	38,7	21,4	3	3	2

A1 = säilöntä AIV 2      B1 = kiedonta 4 muovikerroksella      C1 = varastointi peiton alle      I = varastointi 145 päivää  
A2 = " AIV 4      B2 = " 6 "      C2 = " verkon "      II = " 291 "  
A3 = " ilman säil.ain.      B3 = " 8 "      C3 = " ilman suojaa

Ka-luokat: 1) ka < 20    2) 20 ≤ ka ≤ 25    3) ka > 25      Laatu-luokat: 1) Erinomaista    2) Hyvää    3) Tyydyttävää    4) Huonoa

Faktoreiden riskitasot ja merkitsevyydet eri kuiva-aineluokissa tutkittujen aineiden pitoisuuksien perusteella 12.11.1991 ja 6.4.1992 otetuissa kevätsadon paalien näytteissä.

Ka-luokka		pH			Maitohappo -g/kg			Etikkahappo -g/kg		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	I	0,349	0,035 *	0,000 ***	0,517	0,849	0,251	0,036 *	0,004 **	0,004 **
	II	0,801	0,183	0,027 *	0,556	0,418	0,420	0,362	0,009 **	0,004 **
B	I	0,739	0,329	0,338	0,324	0,442	0,227	0,911	0,567	0,587
	II	0,940	0,289	0,395	0,984	0,095	0,289	0,302	0,406	0,926
C	I	0,097	0,117	0,385	0,830	0,010 *	0,012 *	0,168	0,381	0,933
	II	0,309	0,084	0,261	0,777	0,332	0,070	0,753	0,286	0,105

Ka-luokka		Vapaat hapot -g/kg			Sokeri -g/kg			Ammon.+amiinit -%		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	I	0,610	0,067	0,000 ***	0,513	0,016 *	0,179	0,094	0,000 ***	0,000 ***
	II	0,712	0,117	0,210	0,009 **	0,002 **	0,477	0,537	0,001 **	0,052 *
B	I	0,375	0,355	0,410	0,918	0,964	0,014 *	0,649	0,279	0,450
	II	0,687	0,135	0,194	0,534	0,181	0,237	0,755	0,229	0,029 *
C	I	0,513	0,032 *	0,056	0,318	0,319	0,076	0,152	0,181	0,018 *
	II	0,278	0,035 *	0,498	0,198	0,634	0,191	0,737	0,196	0,234

A = säilöntämenetelmä      \* = melkein merkitsevä      Ka-luokat: 1) ka < 20      I = varastointi 145 päivää  
B = kiedontamenetelmä      \*\* = merkitsevä      2) 20 ≤ ka ≤ 25      II = " 291 "  
C = varastointimenetelmä      \*\*\* = erittäin merkitsevä      3) ka > 25

Kesäsadon paaleista tutkittujen aineiden pitoisuudet ja laatuluokka eri kuiva-aineluokissa 12.11.1991 ja 6.4.1992 otettujen näytteen mukaan.

Ka- luokka	pH			Maitohappo -g/kg			Etikkahappo -g/kg			Vapaat hapot -g/kg			Sokeri -g/kg			Ammon. + amiinit-%			Laatu- luokka			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A1	I	4,9	4,8	4,0	12,8	11,6	8,0	2,0	1,8	1,2	6,9	7,4	4,5	23,5	55,6	7,4	22,9	7,9	2,6	2	1	3
	II	4,7	4,9	2,9	11,6	7,0	2,6	2,0	0,8	0,8	7,7	6,1	2,2	22,9	32,8	16,5	16,1	7,9	1,8	1	2	3
A2	I	4,6	4,9	4,4	13,6	7,3	8,3	3,3	3,2	3,1	9,6	6,1	5,1	25,6	52,4	7,1	16,8	6,3	4,8	1	2	2
	II	4,8	5,4	4,7	14,4	4,2	5,4	2,1	2,9	2,3	9,2	4,0	5,6	14,3	33,6	25,0	23,4	7,0	4,5	2	3	3
A3	I	5,0	5,9	5,0	11,3	3,4	3,5	1,6	3,1	2,3	6,7	1,4	1,0	27,8	44,8	8,9	22,1	7,6	4,3	2	3	3
	II	5,4	6,3	5,9	11,3	0,6	0,6	3,2	2,1	1,9	4,6	3,5	1,1	20,9	22,2	19,6	25,7	20,1	7,9	3	3	3
B1	I	5,6	5,2	4,0	6,6	7,4	6,0	2,7	2,3	2,0	3,8	5,2	2,6	28,8	42,9	8,1	15,0	7,3	3,7	3	2	3
	II	6,0	6,0	5,1	5,2	2,6	3,5	3,5	2,4	1,6	2,4	1,8	3,1	12,6	18,6	17,5	18,5	13,4	7,0	3	3	3
B2	I	4,6	5,3	4,6	14,2	7,7	7,7	2,5	3,0	2,4	8,7	4,6	4,6	22,7	53,8	8,1	24,0	7,8	4,8	1	3	3
	II	4,6	5,4	5,2	13,1	3,2	1,4	2,0	0,9	2,9	8,5	3,5	2,7	24,2	25,0	27,6	18,7	14,5	4,5	1	3	3
B3	I	4,4	5,1	3,3	16,8	7,3	6,1	1,7	2,8	2,1	10,8	5,2	3,2	25,2	56,2	7,1	22,7	6,7	3,2	1	2	3
	II	4,3	5,3	3,2	19,1	6,0	3,6	1,9	2,6	0,6	10,7	4,5	3,1	21,4	45,0	15,9	27,9	7,1	2,8	2	3	3
C1	I	4,8	5,3	4,4	12,1	7,1	8,3	2,5	2,9	2,4	7,3	4,0	4,5	31,2	53,7	7,7	23,2	8,1	4,2	1	3	3
	II	5,0	5,2	5,1	11,4	5,1	4,0	2,6	2,4	2,3	6,8	4,8	3,5	21,4	38,4	20,8	18,3	15,0	6,0	2	3	3
C2	I	4,9	5,1	4,9	13,8	7,9	8,0	2,6	2,9	2,6	8,2	5,4	4,1	24,9	50,6	7,4	20,0	8,5	4,9	1	2	3
	II	5,1	5,8	4,7	12,7	2,8	2,5	2,6	1,1	1,2	6,7	2,1	2,4	19,1	20,3	17,3	24,0	9,7	5,6	2	3	3
C3	I	4,9	5,2	4,0	11,8	7,3	3,5	1,8	2,3	1,5	7,7	5,6	1,7	20,7	48,5	7,9	18,5	5,2	2,5	1	2	3
	II	4,8	5,6	3,9	13,3	3,9	2,0	2,2	2,2	1,5	8,0	2,9	3,0	17,7	29,9	23,0	22,8	10,3	2,7	1	3	3

A1 = säilöntä AIV 2

B1 = kiedonta 4 muovikerroksella

C1 = varastointi peiton alle

I = varastointi 103 päivää

A2 = " AIV 4

B2 = " 6 "

C2 = " verkon "

II = " 249 "

A3 = " ilman säil.ain.

B3 = " 8 "

C3 = " ilman suojaa

Ka-luokat: 1) ka &lt; 45 2) 45 ≤ ka ≤ 60 3) ka &gt; 60

Laatuluokat: 1) Erinomaista 2) Hyvää 3) Tyydyttävää 4) Huonoa

Faktoreiden riskitasot ja merkittävyydet eri kuiva-aineluokissa tutkittujen aineiden pitoisuuksien perusteella 12.11.1991 ja 6.4.1992 otetuissa kesäsadon paalien näytteissä.

Ka-luokka	pH			Maitohappo -g/kg			Etikkahappo -g/kg			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A	I	0,652	0,000 ***	0,026 *	0,841	0,000 ***	0,234	0,033 *	0,072	0,028 *
	II	0,248	0,023 *	0,001 **	0,597	0,050 *	0,204	0,014 *	0,260	0,038 *
B	I	0,021 *	0,843	0,352	0,038 *	0,970	0,814	0,311	0,277	0,811
	II	0,006 **	0,091	0,021 *	0,004 **	0,177	0,685	0,003 **	0,563	0,005 **
C	I	0,965	0,777	0,050 *	0,785	0,869	0,179	0,361	0,304	0,303
	II	0,782	0,334	0,348	0,795	0,603	0,723	0,456	0,579	0,095

Ka-luokka	Vapaat hapot -g/kg			Sokeri -g/kg			Ammon. + amiinit -%			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A	I	0,441	0,001 **	0,054	0,766	0,420	0,068	0,406	0,831	0,064
	II	0,099	0,011 *	0,025 *	0,278	0,315	0,431	0,090	0,004 **	0,060
B	I	0,045 *	0,850	0,540	0,540	0,283	0,465	0,157	0,936	0,228
	II	0,004 **	0,166	0,960	0,097	0,003 **	0,211	0,204	0,082	0,054
C	I	0,912	0,437	0,231	0,237	0,811	0,051	0,644	0,298	0,045 *
	II	0,751	0,308	0,742	0,774	0,114	0,696	0,439	0,288	0,222

A = säilöntämenetelmä

\* = melkein merkittävä

Ka-luokat: 1) ka &lt; 45

I = varastointi 103 päivää

B = kiedontamenetelmä

\*\* = merkittävä

2) 45 ≤ ka ≤ 60

II = " 249 "

C = varastointimenetelmä

\*\*\* = erittäin merkittävä

3) ka &gt; 60

Liite 7.

Syysadon paaleista tutkittujen aineiden pitoisuudet ja laatuluokka eri kuiva-aineluokissa 12.11.1991 ja 6.4.1992 otettujen näytteiden mukaan.

Ka-luokka	pH			Maitohappo -g/kg			Etikkahappo -g/kg			Vapaat hapot -g/kg			Sokeri -g/kg			Ammon. + amiinit-%			Laatu-luokka			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A1	I	4,0	4,1	4,1	9,4	8,6	9,4	1,2	1,6	1,2	8,2	7,9	8,1	14,3	15,9	18,0	11,9	6,5	7,0	2	1	1
	II	4,4	4,2	4,2	6,7	8,0	8,9	1,7	1,8	1,8	5,5	7,2	7,7	17,3	17,1	18,7	23,5	15,2	11,5	2	1	1
A2	I	4,0	4,1	4,0	9,8	9,6	9,6	2,0	2,1	1,6	9,3	9,2	9,0	10,2	11,1	19,7	12,6	10,1	7,9	2	2	1
	II	4,2	4,2	4,1	8,6	8,1	9,0	1,5	1,9	1,6	6,9	7,0	8,1	12,3	14,0	21,5	22,0	14,9	12,7	2	2	1
A3	I	4,0	4,1	4,3	10,6	11,3	10,5	2,3	2,0	3,4	10,0	9,9	9,3	6,2	6,6	3,2	14,3	16,2	5,4	2	2	3
	II	4,2	4,1	4,1	9,4	11,4	10,8	2,1	2,2	2,1	8,0	9,5	9,0	7,1	10,4	10,5	18,0	22,0	20,4	2	2	2
B1	I	4,1	4,1	4,1	8,6	10,0	9,4	2,6	2,0	2,0	9,6	9,3	8,6	10,2	10,0	12,2	10,0	11,0	5,8	2	2	2
	II	4,4	4,2	4,0	6,2	8,1	10,7	1,9	2,4	2,0	5,8	7,2	9,6	10,2	12,1	14,6	17,8	15,4	18,4	2	2	2
B2	I	4,0	4,1	4,1	10,3	10,0	9,2	1,4	1,9	2,0	9,2	9,3	8,6	11,1	10,4	15,1	15,0	11,9	6,6	2	2	1
	II	4,5	4,1	4,1	6,7	9,4	9,3	1,9	1,7	1,7	5,8	8,2	8,2	9,1	14,1	17,3	32,3	18,3	11,5	2	2	1
B3	I	4,1	4,1	4,1	10,8	10,0	10,9	1,8	1,7	2,2	8,7	8,4	9,1	9,5	13,2	13,7	13,9	9,9	7,9	2	2	2
	II	3,9	4,1	4,2	11,1	10,1	8,7	1,5	1,8	1,8	5,9	8,4	7,0	17,5	15,3	18,7	13,5	18,4	14,7	2	1	1
C1	I	4,0	4,1	4,0	10,7	9,2	10,2	1,8	1,6	1,8	9,3	8,6	9,9	8,8	12,9	15,6	11,5	11,2	5,5	2	2	1
	II	4,1	4,1	4,0	8,2	8,8	10,2	1,4	2,0	2,1	6,8	8,0	9,4	15,2	14,4	17,5	18,8	14,1	11,1	2	2	1
C2	I	4,1	4,1	4,1	9,4	9,6	10,0	2,1	2,1	1,7	8,9	8,5	8,7	9,9	8,6	16,0	13,1	8,8	6,6	2	2	1
	II	4,3	4,1	4,1	7,7	8,8	10,3	2,3	2,4	1,9	7,1	7,8	8,7	13,3	13,3	15,9	14,3	14,8	11,9	2	2	1
C3	I	4,0	4,0	4,3	9,7	10,6	9,3	1,8	1,9	2,6	9,3	9,8	7,7	12,0	12,1	9,3	14,3	12,8	8,2	2	2	2
	II	4,4	4,1	4,2	8,8	10,0	8,2	1,6	1,5	1,5	6,7	8,0	6,7	8,3	13,9	17,2	30,5	23,2	21,6	2	2	2

A1 = säilöntä AIV 2      B1 = kiedonta 4 muovikerroksella      C1 = varastointi peiton alle      I = varastointi 49 päivää  
A2 = " AIV 4      B2 = " 6 "      C2 = " verkon "      II = " 195 "  
A3 = " ilman säil.ain.      B3 = " 8 "      C3 = " ilman suojaa

Ka-luokat: 1) ka < 17,5    2) 17,5 ≤ ka ≤ 18,5    3) ka > 18,5    Laatuluokat: 1) Erinomaista 2) Hyvää 3) Tyydyttävää 4) Huonoa

Faktoreiden riskitasot ja merkitsevyydet eri kuiva-aineluokissa tutkittujen aineiden pitoisuuksien perusteella 12.11.1991 ja 6.4.1992 otetuissa syysadon paalien näytteissä.

Ka-luokka	pH			Maitohappo -g/kg			Etikkahappo -g/kg			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A	I	0,891	0,689	0,518	0,215	0,018 *	0,948	0,003 **	0,039 *	0,065
	II	0,802	0,406	0,865	0,438	0,018 *	0,431	0,483	0,707	0,430
B	I	0,222	0,808	0,994	0,016 *	0,900	0,629	0,013 *	0,437	0,823
	II	0,125	0,504	0,393	0,112	0,239	0,547	0,762	0,314	0,835
C	I	0,520	0,008 **	0,137	0,218	0,305	0,887	0,568	0,095	0,228
	II	0,685	0,741	0,209	0,877	0,608	0,401	0,209	0,190	0,186

Ka-luokka	Vapaat hapot -g/kg			Sokeri -g/kg			Ammon. + amiinit -%			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A	I	0,195	0,010 *	0,680	0,014 *	0,001 **	0,453	0,732	0,000 ***	0,843
	II	0,553	0,034 *	0,690	0,046 *	0,048 *	0,003 **	0,745	0,062	0,054
B	I	0,658	0,302	0,896	0,872	0,374	0,895	0,348	0,589	0,709
	II	0,363	0,445	0,298	0,109	0,482	0,458	0,086	0,541	0,225
C	I	0,897	0,113	0,251	0,607	0,228	0,566	0,767	0,179	0,579
	II	0,981	0,951	0,163	0,227	0,904	0,871	0,132	0,025 *	0,019 *

A = säilöntämenetelmä      \* = melkein merkitsevä      Ka-luokat: 1) ka < 17,5      I = varastointi 49 päivää  
B = kiedontamenetelmä      \*\* = merkitsevä      2) 17,5 ≤ ka ≤ 18,5      II = " 195 "  
C = varastointimenetelmä      \*\*\* = erittäin merkitsevä      3) ka > 18,5

## VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUKSIA

- | No  | Nimi  |
|-----|---|
| 52. | PUUMALA, M., MANNI, J. & SARIN, H. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988  |
| 53. | MATTILA, T. & VIROLAINEN, V. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.   |
| 54. | MIKKOLA, H. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988. 1989.<br>PITKÄNEN, J. Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen. 1989. |
| 56. | KAPUINEN, P. & KARHUNEN, J. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.  |
| 57. | SARIOLA, J., TUUNANEN, L., PAAVOLA, J. & AHOKAS, J. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990  |
| 58. | MÄKELÄ, J. & LAUROLA, H. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.  |
| 59. | KAPUINEN, P. & KARHUNEN, J. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.  |
| 60. | SUOKANNAS, A. Heinän varastokuivaus. 1991.  |
| 61. | SARIOLA, J., TUUNANEN, L., ESKELINEN, T., LOUHELAINEN, K. & RIPATTI, T. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.  |
| 62. | SUOKANNAS, A. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.  |
| 63. | KAPUINEN, P. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja rakennukset. 1992.   |
| 64. | SUOKANNAS, A. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.  |

